



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี
ด้วยรูปถ่าย ในระบบดินสภาพน้ำจืดสลับแห้งร่วมกับพืช

Improvement Slaughterhouse Wastewater of Suphanburi Municipal in Alternated
Flooding and Drying Soil and Plant System Using Cattail Plants

นามผู้วิจัย นางสาวปวีณา สังข์ศรีอินทร์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์วัลลภ อารีรบ, Dr.Agr.Sci)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งคณาภิรักษ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์สุทธชาย กำเนิดมณี , Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี
ด้วยธูปฤาษี ในระบบดินสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

Improvement Slaughterhouse Wastewater of Suphanburi Municipal in Alternated Flooding and
Drying Soil and Plant System Using Cattail Plants

โดย

นางสาวปวีณา สังข์ศรีอินทร์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร้งสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2552

ปวีณา สังข์ศรีอินทร์ 2552: การบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี
จังหวัดสุพรรณบุรี ด้วยธูปฤาษี ในระบบดินสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์
วัลลภ อาริรบ, Dr.Agr.Sci. 71 หน้า

การศึกษาการบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ด้วยระบบดินน้ำขัง 5
วัน สลับแห้ง 2 วันร่วมกับธูปฤาษี (*Typha angustifolia* Linn.) โดยปลูกในแปลงดิน ใช้น้ำเสีย
โรงฆ่าสัตว์ที่ผ่านการบำบัดจากบ่อฝั่งที่ 1 และ 2 มาศึกษาประสิทธิภาพบำบัดบีโอดีและซีโอดี
ในแปลงที่มีธูปฤาษีและแปลงที่ไม่มีธูปฤาษี ทั้งหมด 12 รอบการทดลอง ผลการทดลองพบว่า
คุณภาพน้ำของบ่อฝั่งที่ 1 และ 2 ก่อนทำการทดลองมีค่าเฉลี่ยบีโอดีรวมทั้งหมดคือ 199.56 และ
78.29 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยซีโอดีรวมทั้งหมดคือ 335.44 และ 160.91
มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดี ที่ใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด
แล้วจากบ่อฝั่งที่ 1 ในแปลงที่มีธูปฤาษี คือ 73.18 และ 61.92 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าสูงกว่า
น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อฝั่งที่ 2 ในแปลงที่มีธูปฤาษี คือ 61.65 และ 47.44 เปอร์เซ็นต์
ตามลำดับ และแปลงที่มีธูปฤาษีสามารถบำบัดได้ดีกว่าแปลงที่ไม่มีธูปฤาษี

ดังนั้นจึงควรเลือกใช้น้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อฝั่งที่ 1 ร่วมกับ
แปลงการปลูกธูปฤาษีเพื่อบำบัดค่าบีโอดีและซีโอดี เนื่องจากมีประสิทธิภาพการบำบัดดีที่สุด
และยังสามารถนำธูปฤาษีไปใช้ประโยชน์ได้อีกทางหนึ่ง

Paweena Sungsi-in 2009: Improvement Slaughterhouse Wastewater of Suphanburi Municipal in Alternated Flooding and Drying Soil and Plant System Using Cattail Plants. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Associate Professor Wallop Arirob, Dr.Agr.Sci. 71 pages.

This slaughterhouse wastewater treatment by alternating 5 days flooding and 2 days drying soil and plant system using cattail (*Typha angustifolia* Linn.) and wastewater from oxidation pond 1 and 2 of slaughterhouse at 12 round were carried out. The results showed that quality of wastewater from oxidation pond 1 and 2 before treatment have BOD were of 199.56 and 78.29 mg/l, respectively. And COD were of 335.44 and 160.91 mg/l, respectively. The removal efficiency of BOD and COD from wastewater of oxidation pond 1 with cattail was of 73.18 and 61.92 percent, respectively. That is higher than removal efficiency of oxidation pond 2 with cattail was of 61.65 and 47.44 percent, respectively.

Cattail plot have removal efficiency higher than soil plot. Then using wastewater from oxidation pond 1 with cattail is better.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการวิจัย ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ อารีรบ ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ อาจารย์สุทธชาย กำเนิดมณี กรรมการร่วม และอาจารย์ณัฐิต คำปิ่นที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ แนวคิด รวมทั้งช่วยทำการแก้ไข ปรับปรุง ขอบบพร่องต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนช่วยทำการแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณมูลนิธิชัยพัฒนา และศาสตราจารย์ ดร. เกษม จันทรแก้ว ในนามประธานโครงการศึกษาและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ได้ช่วยเหลือและให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการศึกษาวิจัยทดลอง รวมทั้งอุปกรณ์ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ คณะประมงและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติ ที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่ให้ความเมตตา อบรมสั่งสอน ตลอดจนให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ และเพื่อน ๆ สิ่งแวดล้อม รุ่น 29 และ 30 ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ปวีณา สังข์ศรีอินทร์

มกราคม 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
อุปกรณ์	17
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	27
สรุปและข้อเสนอแนะ	50
สรุป	50
ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	52
ภาคผนวก	56
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	71

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ปฏิบัติตามลำดับของความสามารถในการรับอิเล็กตรอน	11
2 ดัชนีคุณภาพน้ำ การเก็บรักษาตัวอย่าง และวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	25
3 ปริมาณและคุณภาพน้ำเสียจากกิจกรรมการฆ่าและชำแหละสุกรของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี	27
4 คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ก่อนเข้าแปลงทดลอง ตั้งแต่เดือนเมษายน 2550 ถึงเดือนกรกฎาคม 2550	35
5 คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ก่อนเข้าแปลงทดลอง ตั้งแต่เดือนเมษายน 2550 ถึงเดือนกรกฎาคม 2550	36
6 คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ของโรงฆ่าสัตว์ หลังการบำบัดด้วยแปลงทดลองตั้งแต่เดือนเมษายน 2550 ถึงเดือนกรกฎาคม 2550	39
7 คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ของโรงฆ่าสัตว์ หลังการบำบัดด้วยแปลงทดลองตั้งแต่เดือนเมษายน 2550 ถึงเดือนกรกฎาคม 2550	40
8 อิทธิพลของแหล่งน้ำเสีย ชนิดพืช การบำบัดบีโอดีและซีโอดีทั้งหมด 12 รอบการทดลองของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	45
9 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดีจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง ตั้งแต่เดือนเมษายน 2550 ถึงเดือนกรกฎาคม 2550	46
10 อิทธิพลของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อความสูงของรูปถ่าย	48
11 อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียที่มีผลต่อมวลชีวภาพของรูปถ่ายหลังการบำบัดน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 และ 2 ของโรงฆ่าสัตว์ในสภาพดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับรูปถ่าย	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม	57
2 อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียที่มีผลต่อมวลชีวภาพของรูปถ่ายีหลังการบำบัดน้ำเสีย จากบ่อฝั้งที่ 1 และ 2 ของโรงฆ่าสัตว์ในสภาพดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับรูปถ่ายี	59
3 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อกรด-ด่าง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	60
4 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อค่าความ เป็นด่างก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	61
5 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อค่า ออกซิเจนที่ละลายน้ำก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	62
6 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อค่าการนำ ไฟฟ้าก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	63
7 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อของแข็งที่ ละลายน้ำทั้งหมดก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	64
8 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อบีโอดี ก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	65
9 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อซีโอดี ก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	66
10 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อ ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	67
11 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อ ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	68
12 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อความสูง ของรูปถ่ายีหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	69
13 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อมวล ชีวภาพของรูปถ่ายีหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง	70

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การหมุนเวียน สะสม และการเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารในพื้นที่แปลงหญ้า	12
2	การเคลื่อนย้ายของก๊าซออกซิเจน และก๊าซอื่น ๆ ภายในต้นพืช	13
3	ผังการทดลอง	22
4	ลักษณะแบบแปลงทดลอง	23
5	แผนภาพการนำน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 และ 2 ของโรงฆ่าสัตว์มาใช้ในแปลงทดลอง	24

**การบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี
ด้วยธูปฤาษี ในระบบดินสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช**

**Improvement Slaughterhouse Wastewater of Suphanburi Municipal in
Alternated Flooding and Drying Soil and Plant System Using Cattail Plants**

คำนำ

น้ำเสียจากกระบวนการในโรงฆ่าสัตว์มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในรูปของบีโอดีของแข็งแขวนลอย น้ำมัน ไขมัน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส สารอินทรีย์เหล่านี้จะส่งผลให้เกิดน้ำเสียเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ถ้าไม่มีการบำบัดก่อนที่จะปล่อยสู่ระบบสิ่งแวดล้อม ก็จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนและคุณภาพของทรัพยากรต่าง ๆ โรงฆ่าสัตว์เป็นสถานที่ประกอบกิจกรรมการแปรรูปสัตว์มาเป็นเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภคในชุมชน จากกิจกรรมที่เกิดในโรงฆ่าสัตว์ตามกระบวนการ เช่น การล้างตัวสัตว์ ล้างเครื่องใน ล้างซาก ล้างพื้น ล้างรถ และการลาก นอกจากนี้ยังมาจากของเสียส่วนที่เป็นของเหลว เช่น เลือด ปัสสาวะ น้ำเหลือง น้ำดีเป็นต้น

ปัจจุบันปริมาณจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ความต้องการบริโภคอาหารไม่ว่าจะเป็นเนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ เพิ่มมากขึ้นด้วย ฉะนั้นการเพิ่มกิจกรรมต่าง ๆ ในการผลิตอาหารเหล่านี้ ก็จะมีมากขึ้น ทำให้เกิดมลพิษ/ของเสียออกมาจากกิจกรรมเหล่านี้มากกว่าเดิม ดังนั้นจึงควรมีการหาวิธีการ เทคโนโลยี ไม่ว่าจะเป็นบำบัดโดยเคมี หรือ ธรรมชาติ เข้ามาช่วยลดมลพิษ/ของเสียเหล่านี้ก่อนส่งเข้าสู่ระบบสิ่งแวดล้อม

การนำธูปฤาษีมาบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ ที่สามารถลดค่าความสกปรก ไม่ว่าจะเป็นของแข็งแขวนลอย น้ำมัน ไขมัน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ได้ มีการตรวจสอบคุณภาพทำด้วยวิธีทางเคมีคือ บีโอดี ซีโอดี เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าการใช้สารเคมี หรือ เครื่องกรองต่าง ๆ นอกจากผลผลิตจากพืชยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกหลายอย่าง เช่น ส่วนของลำต้นและใบสามารถนำมาเป็นวัสดุหมักหลังคา ทำตะกร้า ทำเชือก เครื่องสานเครื่องใช้พวกเสื่อ เก้าอี้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัด ปริมาณออกออกซิเจนที่ผ่านการบำบัดแล้วของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์มีการตรวจสอบค่าบีโอดี ซีโอดีโดยใช้ธูปฤาษีเป็นพืชปลูก เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการ

คุณภาพน้ำทิ้งจากระบบการบำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ
ก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดีของระบบดินสภาพน้ำขังสลับแห้ง ร่วมกับรูปถ่ายในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ ที่ระดับความเข้มข้นของค่า บีโอดี และ ซีโอดี ที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของรูปถ่าย ที่ระดับความเข้มข้นของค่า บีโอดี และ ซีโอดี ที่แตกต่างกัน
3. เพื่อนำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

การตรวจเอกสาร

1. แหล่งน้ำและคุณลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์

น้ำทิ้ง หมายถึง ของเหลวหรือน้ำที่ผ่านการใช้มาแล้วจากบ้านเรือน สถานประกอบการ การค้า ในสถานที่ต่าง ๆ ตลอดจนการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียมักมีสิ่งสกปรกต่าง ๆ ปนเปื้อนมาทั้งในรูปแบบของสารแขวนลอยหรือละลายในน้ำ ความสกปรกหรือความไม่น่าใช้ จึงมีมากกว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติ ลักษณะน้ำเสียจะเป็นเช่นไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิด จำนวน และรูปแบบของเสียในน้ำเสียนั้น ๆ (พัฒนา, 2539)

1.1 ประเภทของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ตามแหล่งกำเนิด คือ

1.1.1 น้ำทิ้งชุมชน หมายถึง น้ำเสียจากบ้านพักอาศัย โรงแรม ตลาด รวมทั้งสำนักงานและสถานที่ทำงานนานาชนิด น้ำเสียประเภทนี้เกิดจากกิจกรรมในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เมื่อเปรียบเทียบน้ำเสียอุตสาหกรรมแล้ว น้ำเสียชุมชนจะมีลักษณะไม่แตกต่างกันมาก ส่วนใหญ่ของเสียจะเป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหารจากการล้างจานและภาชนะหรือการปรุงอาหาร รวมถึงสารต่างๆ ที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดเสื้อผ้า รถ บ้านเรือน ฯลฯ (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

1.1.2 น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ ในกระบวนการอุตสาหกรรม เช่น การล้างวัตถุดิบ การล้างเครื่องจักร การระบายความร้อน ฯลฯ สิ่งสกปรกต่างๆ ในน้ำทิ้งประเภทนี้ มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำและชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม

1.1.3 น้ำทิ้งจากการเกษตร ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตรในด้านการปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ การประมง โดยการปนเปื้อนในน้ำเสียประเภทนี้มีทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ สารเหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากมูลสัตว์ การใช้ปุ๋ย การใช้ยาปราบศัตรูพืช การปล่อยน้ำเสียออกจากบ่อเลี้ยงกุ้ง เป็นต้น (เกษม, 2541)

1.2 น้ำเสียจากโรงฆ่าสุกร

น้ำเสียที่เกิดจากโรงฆ่าสุกรมาจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการ เช่น การล้างตัวสุกร ล้างเครื่องใน ล้างซาก ล้างพื้น และการลวก นอกจากนี้ยังมาจากของเสียที่เป็นของส่วนเหลือจากตัวสุกร เช่น เลือด น้ำเหลือง ปัสสาวะ น้ำดี เป็นต้น โดยเฉลี่ยการฆ่าสุกรผลิตน้ำเสียประมาณ 300-500 ลิตรต่อวัน (สมใจ, 2546) น้ำเสียจากกระบวนการในโรงฆ่าสัตว์ จะมีค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย น้ำมัน และไขมัน ในโตรเจนในรูปไนโตรเจนรวม โดยเฉลี่ยต่อน้ำหนักสัตว์ 1,000 กิโลกรัม คิดเป็น 13.3 10.3 5.2 และ 1.3 กรัมตามลำดับ มีการปนเปื้อนของมลพิษอยู่ในปริมาณสูง ถ้าหากมีการระบายน้ำโดยไม่ผ่านระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพก็จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำเพื่อการใช้ประโยชน์และการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำด้วย (Ockerman และ Hansen, 2000)

2. สารอินทรีย์

2.1 การจำแนกสารอินทรีย์

สารอินทรีย์ที่อยู่บนโลกส่วนใหญ่เกิดจากสิ่งมีชีวิต ทั้งที่อยู่บนบกและในน้ำ นกวรรณ (2535) ได้จำแนกสารอินทรีย์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1.1 สารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิต มี 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ

2.1.1.1 ซากสิ่งมีชีวิต จะถูกย่อยสลายได้ง่ายในดินโดยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ทำให้ได้ธาตุอาหารกลับไปใช้ประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตต่อไป

2.1.1.2 สิ่งขับถ่ายจากสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะคน และสัตว์เลี้ยง เป็นสารอินทรีย์ที่มักจะทำให้เกิดปัญหากับแหล่งน้ำ

2.1.2 สารอินทรีย์จากกิจกรรมอื่นนอกเหนือจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต เช่น กากน้ำมันพืช น้ำมัน สารกำจัดศัตรูพืช วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และการเกษตรกรรม สารอินทรีย์ประเภทนี้จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ยาก

2.2 สารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง

Hammer (1986) ได้จำแนกสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ ในน้ำทิ้งชุมชนออกเป็น 3 ประเภท คือ

2.2.1 คาร์โบไฮเดรต ในน้ำเสียมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 25-50 ได้แก่ น้ำตาล แป้ง มีมากในข้าว ข้าวโพด มันฝรั่ง ส่วนเซลลูโลส มักพบได้ในเชื้อไม้ ฝ้าย กระดาษ เป็นต้น เซลลูโลส จะย่อยสลายได้ช้ากว่าแป้ง น้ำตาลเมื่อละลายน้ำจะถูกย่อยสลายโดย จุลินทรีย์ ได้เป็นแอลกอฮอล์ และน้ำ

2.2.2 โปรตีน ในน้ำเสียมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 40-60 เป็นอาหารจำเป็นของมนุษย์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อ พบในพวกเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ มักจะพบยูเรีย เป็นสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนในน้ำเสียเสมอ ทั้งโปรตีนและยูเรีย จะถูกย่อยสลาย เป็นสารประกอบไนเตรท คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

2.2.3 ไขมัน เป็นส่วนที่ละลายน้ำได้น้อย จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายได้ในอัตราที่ช้า ไขมันเป็นสารประกอบเอสเทอร์ของแอลกอฮอล์ หรือกลีเซอรอล กับกรดไขมัน ในน้ำเสียมีไขมัน เป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 10

2.3 การย่อยสลายสารอินทรีย์

สารอินทรีย์ในน้ำทิ้งประมาณร้อยละ 60-80 ถูกย่อยสลายได้โดยง่าย แต่สารประกอบอินทรีย์บางชนิดอีกประมาณร้อยละ 20-40 ย่อยสลายได้ยาก เช่น พวกเซลลูโลส พงชักฟอกและสารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ความยากง่ายของการย่อยสลายเคมีนั้น คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2535) กล่าวว่า จุลินทรีย์ในดินจะย่อยสลายน้ำตาล แป้ง และ โปรตีนในอัตราเร็ว และย่อยสลายไฟเบอร์ที่ไม่ละลายน้ำจำพวกเฮมิเซลลูโลสในอัตราปานกลาง ส่วนการย่อยสลาย เซลลูโลส ลิกนิน ไขมัน และ ไข จะถูกย่อยสลายในอัตราที่ช้า

นภาพรรณ (2535) กล่าวถึง การย่อยสลายอินทรีย์ ว่ามี 2 วิธี คือ

2.3.1 การย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน มีลักษณะการย่อยสลาย คือจุลินทรีย์จะปรับตัวให้เข้ากับสารอินทรีย์ จะเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์ที่มีอยู่มาก อัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของธาตุอาหารอย่างอื่นที่มีอยู่ด้วย เช่น สัดส่วนของคาร์บอน ต่อไนโตรเจน ต่อฟอสฟอรัส ในเซลล์แบคทีเรีย มีค่าประมาณ 100:10:1 การย่อยสลายสารอินทรีย์จะดำเนินไปเรื่อย ๆ จนกว่าธาตุอาหารที่จำเป็นเริ่มขาดแคลน เช่น ธาตุไนโตรเจน การย่อยสลายจะหยุดเมื่อใช้คาร์บอน จนอัตราส่วน C:N มีค่าใกล้เคียง 10 การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนนี้จะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

2.3.2 การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน การเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเป็นไประยะเวลาหนึ่งทำให้ปริมาณออกซิเจนลดน้อยลงและถ้าอัตราการสลายตัวยังคงมีอยู่สูง ปริมาณออกซิเจนจะลดลงจนหมดทำให้กลายสภาพไร้ออกซิเจน ด้วยแบคทีเรียกลุ่มไม่ต้องการออกซิเจนสามารถใช้สารอินทรีย์เป็น electron acceptor อย่างไรก็ตามพลังงานที่ได้จากสภาพไร้ออกซิเจนจะน้อยกว่า ทำให้มีความหลากหลายของแบคทีเรียของแบคทีเรีน้อยกว่า อัตราการย่อยสลายจึงช้ากว่าและไม่สมบูรณ์ การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะได้กรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดแลคติก กรดอะซิติก และก๊าซบางชนิด เช่น มีเทน

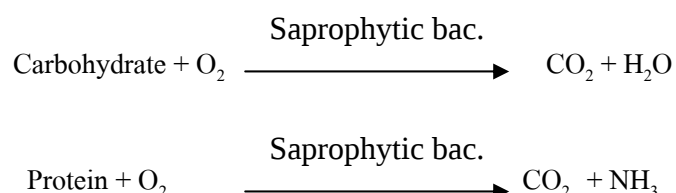
3. การหาค่าปริมาณสารอินทรีย์

3.1 ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี

สารอินทรีย์ในน้ำจะมีมากน้อยเพียงใดนั้น มักใช้ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีเป็นดัชนีในการชี้วัด และยังบ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำด้วย ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี นั้นหมายถึงปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน การหาค่า บีโอดี จึงเกี่ยวข้องกับการหาออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำเสีย ภายใต้สภาวะที่เหมือนธรรมชาติมากที่สุด คือ บีโอดี มาตรฐานจะบ่มที่อุณหภูมิ 20 (± 1) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เพราะอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำทั่วไปของเขตประเทศอบอุ่น และทำให้ autotrophic bacteria เจริญเติบโตช้าที่อุณหภูมินี้และการเลือกใช้เวลา 5 วันเนื่องมาจากถ้าเวลาน้อยกว่านี้ปริมาณออกซิเจนจะถูกใช้ไปน้อยมาก

การวัดค่า บีโอดี 5 วันนั้น วัดเฉพาะปริมาณออกซิเจนที่ถูกพวก heterotrophic bacteria ใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ การใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียแบ่งออกเป็น 2 ระยะ

ระยะที่ 1 เป็นการออกซิไดซ์ของสารประกอบคาร์บอน ดังสมการ



ค่าของออกซิเจนที่ลดลงเนื่องจากถูกแบคทีเรียใช้ไป คือค่า บีโอดี ที่หาได้

ระยะที่ 2 เป็นการออกซิไดซ์ของ $\text{NH}_3 \longrightarrow \text{NO}_2^- \longrightarrow \text{NO}_3^-$ ตามลำดับ โดยพวก autotrophic bacteria มีชื่อเรียกว่า nitrifying bacteria มีอยู่น้อยในน้ำเสียที่ยังไม่มีการฟอกตัวการแบ่งตัวที่ 20 องศาเซลเซียสนี้น้อยมาก ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียพวก nitrifying bacteria นี้ใช้ในช่วงระยะเวลา 5 วัน มีค่าน้อยมาก และหลังจาก 10 วัน แบคทีเรียเหล่านี้เพิ่มจำนวนมากขึ้นจะใช้ออกซิเจนในการออกซิไดส์สาร NO_2^- ให้เป็น NO_3^- ได้

3.2 ความต้องการออกซิเจนทางเคมี

ความสกปรกของน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนและโรงงาน อาจทราบได้จากค่า ซีโอดี เป็นปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยอาศัยหลักที่ว่า สารอินทรีย์เกือบทั้งหมดสามารถถูกออกซิไดส์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรงภายใต้สภาวะที่เป็นกรด (จักรพงษ์, 2536)

โดยปกติแล้วค่า ซีโอดี สูงกว่า บีโอดี ทั้งนี้เนื่องจากสารอินทรีย์คาร์บอนถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยไม่ต้องอาศัยการดูดซึมทางชีวะ (biological assimilability) จากจุลินทรีย์ของสารเหล่านั้นเช่นเซลลูโลส และลิกนิน จะถูกออกซิไดส์อย่างสมบูรณ์ผลลัพธ์คือ ทำให้ค่า ซีโอดี สูงกว่า บีโอดี และจะสูงกว่ามากถ้ามีสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถถูกออกซิไดส์ทางชีวะอยู่ด้วย เช่น เซลลูโลส แต่ในบางกรณีถ้ามีพวก อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน หรือ ไพรีดิน ไม่ถูกออกซิไดส์ทางเคมี ค่าซีโอดี จะน้อยกว่าค่า บีโอดี (กรรณิการ์, 2522)

การหาค่า ซีไอดี โดยใช้โพแทสเซียมไดโครเมตนิยมใช้กันมาก เพราะให้ผลที่น่าเชื่อถือและแน่นอน นอกจากนี้ยังมีราคาถูกและสามารถออกซิไดส์สารอินทรีย์ได้มากชนิดจนเกือบสมบูรณ์ โพแทสเซียมไดโครเมตจะออกซิไดส์สารอินทรีย์คาร์บอนในสถานะที่เป็นกรดอย่างแรง ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ถ้าใช้อุณหภูมิสูง การให้ความร้อนกับสารไม่ให้สารนั้นระเหย โดยการต่อกับคอนเดนเซอร์ให้ควบแน่นกลับมามีเดิม จะช่วยป้องกันการสูญหายไปของสารที่ระเหยได้ มีอยู่เดิมในตัวอย่างที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำปฏิกิริยา (จักรพงษ์, 2536)

4. หลักการระบบบำบัดน้ำเสียแบบขังน้ำสลับแห้ง

การบำบัดน้ำเสียโดยหลักการระบายน้ำ แบบการขังน้ำสลับแห้ง (flooding and drying) เป็นการนำหลักของระบบนิเวศดินมาประยุกต์ในการบำบัดน้ำเสีย โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีววิทยาที่เกิดขึ้นสองแบบในแต่ละรอบของการทดลองบำบัดน้ำเสีย นั่นคือ สภาพที่มีออกซิเจน เมื่อมีการระบายน้ำออกปล่อยดินให้แห้ง และสภาพที่ไม่มีออกซิเจน เมื่อมีการปล่อยน้ำเข้าแปลงแล้วขังน้ำไว้ ในการเกิดสภาพที่ไม่มีออกซิเจน จะมีผลดีและผลเสียต่อระบบนิเวศเมื่อมีการขังน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของดิน และปัจจัยที่ควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์ เมื่อมีการขังน้ำและระบายน้ำออกปล่อยให้ดินแห้งบางส่วน (สิทธิชัย, 2538) การขังน้ำดังกล่าวทำให้เกิดการบำบัดน้ำเสียได้ดังนี้

4.1 การเกิดสภาพที่ไม่มีออกซิเจน

เมื่อดินมีน้ำขังการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างอากาศในดิน และบรรยากาศจะถูกยับยั้ง โดยปกติออกซิเจนในบรรยากาศจะเข้าสู่ดินได้โดยการแพร่กระจาย แต่เมื่อดินถูกน้ำขังการแพร่กระจายของออกซิเจนจะต้องผ่านชั้นของน้ำที่อยู่เหนือดิน ทำให้อัตราการแพร่กระจายผ่านเข้ามาช้ามาก ($1/1,000$ เท่าของในบรรยากาศ) จากนั้นดินก็จะอยู่ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ออกซิเจนที่มีอยู่เดิมถูกเก็บกักไว้ตามช่องว่างในดินที่ถูกขังจะถูกจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนและจุลินทรีย์ที่อยู่ได้ทั้งที่ต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการออกซิเจน (facultative anaerobic bacteria) นำมาใช้ในการหายใจจนหมดไปอย่างรวดเร็ว และจะเกิดการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่น ๆ ในดิน โดยการสะสม และค่อย ๆ เพิ่มความกดดันจนเกิดเป็นฟองสูญหายไปจากดิน องค์ประกอบของก๊าซที่เปลี่ยนแปลงไปในดินที่ขังน้ำย่อมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางจุลเคมี และชีวภาพของระบบได้ (ไพบุลย์, 2528)

4.2 การเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย

ภายหลังจากการขังน้ำ ทำให้ออกซิเจนในดินถูกใช้หมดโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน หลังจากนั้นจุลินทรีย์ที่ใช้ ออกซิเจนจะหยุดกิจกรรมชะงักการเจริญเติบโตและตายไป ส่วนจุลินทรีย์ที่อยู่ได้ทั้งต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการออกซิเจนจะเริ่มหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยใช้สารประกอบจากอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ในดินที่มีระดับออกซิเดชันสูงเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ก่อให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน สารประกอบที่สามารถเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในดินนั้น ได้แก่ ไนเตรต แอมโมเนียม ไสไดออกไซด์ เพอร์ออกไซด์ ซัลเฟต และสารประกอบอินทรีย์ได้มาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ตามลำดับทางเทอร์โมไดนามิกส์ และสมการต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยที่เคมีพลศาสตร์ของการเกิดรีดักชัน ชนิด ตลอดจนปริมาณของสารที่ได้จากการเกิดรีดักชันขึ้นอยู่กับปัจจัย 5 ประการ คือ ธรรมชาติและปริมาณของอาหารจุลินทรีย์หรือตัวให้อิเล็กตรอน อุณหภูมิ พีเอช ปริมาณและชนิดของตัวรับอิเล็กตรอน และระยะเวลาที่มีน้ำแช่ขัง (ลิทริช, 2538)

กรณีที่มีอินทรีย์วัตถุที่สามารถใช้ได้ทันที อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส มีความเป็นกรดเป็นด่างใกล้เคียงกลาง และมีตัวรับอิเล็กตรอนที่มีค่าสูงไม่มากหรือไม่มีเลย การเกิดรีดักชันจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และจะได้สารประกอบที่มีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนสูง ในขณะที่ดินขังน้ำ อนุมูลไนเตรตจะเป็นตัวแรกที่ทำหน้าที่ต่อออกซิเจน และชะลอการเกิดรีดักชันของดิน โดยรักษาระดับ redox potential ที่ E_h ระหว่าง 200-400 มิลลิโวลต์ เมื่ออนุมูลไนเตรตถูกใช้ไปจนหมด อนุมูลเพอร์ส อนุมูลแอมโมเนียม และสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์ได้จะเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างเด่นชัด ลำดับของการใช้ตัวรับอิเล็กตรอนของจุลินทรีย์เพื่อทำการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเป็นไปตามลำดับของ pE^0 ดังตารางที่ 1 เมื่อใช้ในเตรทหมดแล้ว แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เพอร์ไฮดรอกไซด์ จะถูกจุลินทรีย์ใช้ตามลำดับ จากนั้นสารประกอบอินทรีย์จะถูกใช้ในระบบไพรูเวต (pyruvate system) จากนั้นเมื่อดินถูกรีดิวซ์มาก ๆ ค่า redox potential เป็นลบมาก ๆ ซัลเฟตจะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน และจะเกิดเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ ทำปฏิกิริยากับอนุมูลของเหล็กและแอมโมเนียมให้ตกตะกอน (ลิทริช, 2538)

ตารางที่ 1 ลำดับของปฏิกิริยารีดักชันที่เกิดในดินน้ำขัง

system	E^0_7 (V)
$O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$	0.814
$2NO_3^- + 12H^+ + 10e^- = N_2 + 6H_2O$	0.741
$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- = 6H_2O$	0.401
$CH_3COCOOH + 2H^+ + 2e^- = H_3CHOHCOOH$	-0.158
$Fe(OH)_3 + 3H^+ + e^- = Fe^{2+} + 3H_2O$	-0.185
$SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^- = H_2S + 4H_2O$	-0.214
$CO_2 + 8H^+ + 6e^- = CH_4 + 2H_2O$	-0.244
$N_2 + 8H^+ + 6e^- = 2NH_4^+$	-0.278
$NADP^+ + 2H^+ + 2e^- = NADPH$	-0.317
$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- = NADH$	-0.329
$2H^+ + 2e^- = H_2$	-0.413
$Ferredoxin (Ox) + e^- = Ferredoxin (Red)$	-0.431

ที่มา : Ponnampetuma (1976)

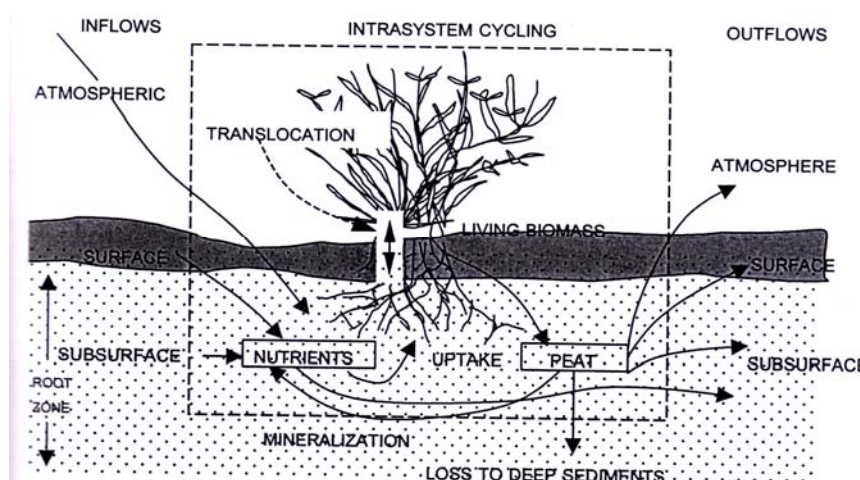
4.3 การประยุกต์การเปลี่ยนแปลงของดินที่มีน้ำขังในการบำบัดน้ำเสีย

จากการที่ดินถูกน้ำขังจนเกิดสภาพที่ไม่มีออกซิเจน จะทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน และทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไป วิศิษฐ์และคณะ (2524) ได้กล่าวไว้โดยสรุปคือ ถ้า redox potential (Eh) ของดินลดลง ค่า pH ของดินกรดจะเพิ่มขึ้น และค่า pH ของดินด่างจะลดลง การนำไฟฟ้าจำเพาะและความเข้มข้นของไอออนเปลี่ยนแปลงไป สมดุลของแร่ในดินจะเปลี่ยนไป เกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอออนบวกและไอออนลบ เกิดการดูดซับและปลดปล่อยไอออนเกิด ดีในตรีฟิเคชัน การสะสมแอมโมเนีย เกิดการรีดิวส์เหล็กและแมงกานีส การสะสมผลิตภัณฑ์จาก กระบวนการเมตาบอลิซึมที่ไม่ต้องการออกซิเจนที่เกิดโดยจุลินทรีย์ เกิดการรีดิวซ์ซัลเฟต ผลของการรีดักชันทำให้ฟอสฟอรัสและซิลิโคนละลายน้ำได้มากขึ้น และเกิดการแทนที่ของไอออนบวกของเหล็กและแมงกานีส กับโปแตสเซียมและไอออนบวกอื่น ๆ ทำให้อิออนบวกที่ถูกแทนที่เหล่านั้น มีน้ำในสารละลายดินมากขึ้น จากผลการขังน้ำที่มีคุณสมบัติทางเคมีของดินตามที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้คาดว่าเมื่อใช้การระบายน้ำเสียในลักษณะการขังน้ำสลับกับการระบายน้ำออกให้ดินแห้ง

ทำให้เกิดสภาวะรีดักชันและออกซิเดชันสลับกัน จะสามารถนำใช้ร่วมกับพืชในระบบการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีหมักกรอง เพื่อลดปริมาณสารปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสียได้ไม่ว่าจะเป็น บีโอดี ซีโอดี โลหะหนัก ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เป็นต้น

5. การนำพืชมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

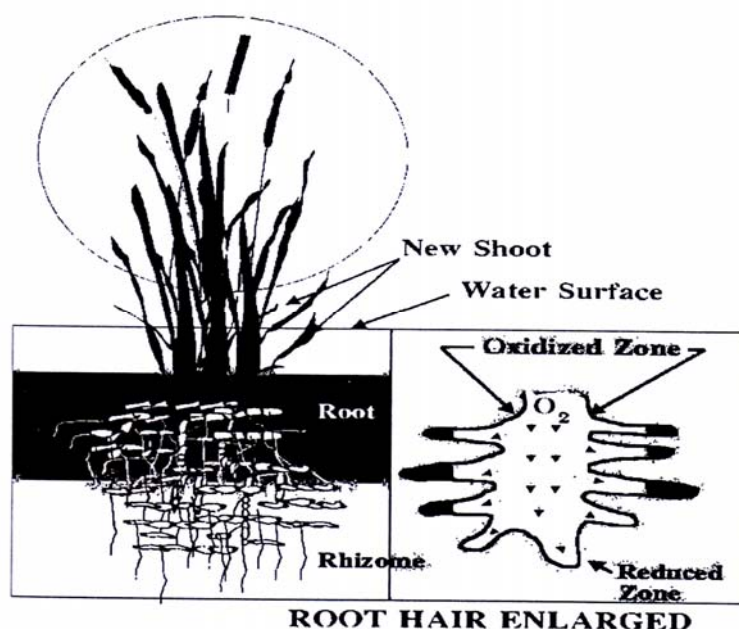
ในระบบการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีหมักกรองเปรียบได้เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำหนึ่งที่มีความสมดุลของมวลภายในระบบ โดยมีการหมุนเวียนของธาตุอาหาร และสารเคมีต่าง ๆ อย่างสมดุล ดังแสดงในภาพที่ 1 (William และ Patrick, 1994) เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ชุ่มน้ำนั้น เช่น การแลกเปลี่ยนไอออน การดูดซับ การตกตะกอน การกรอง การเกิดสารประกอบเชิงซ้อน กระบวนการดูดซึมธาตุอาหาร กระบวนการไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชัน เป็นต้น กระบวนการเหล่านี้จะช่วยให้การเปลี่ยนรูป หรือบำบัดสารปนเปื้อนที่อาจเป็นสารพิษ หรือสารที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำไปอยู่ในรูปที่ปลอดภัยต่อแหล่งน้ำ



ภาพที่ 1 การหมุนเวียน สะสม และการเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารในพื้นที่แปลงหญ้า
ที่มา : William and Patrick (1994)

สำหรับพืชนั้นนอกจากจะช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยการดูดซึมธาตุอาหาร โลหะหนัก และสารอื่น ๆ ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียโดยการดูดซึมธาตุอาหาร โลหะหนักและสารอื่น ๆ ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตโดยผ่านระบบรากก่อนเข้าสู่ลำต้นแล้ว ระบบรากของพืชยังเป็นส่วนสำคัญในการบำบัดน้ำเสีย คือ ทำหน้าที่เป็นที่เกาะของจุลินทรีย์

บางชนิดที่อยู่ในดิน ทำหน้าที่ย่อยสลายสารต่าง ๆ ในดิน เช่น การกำจัดไนโตรเจนโดยกระบวนการ nitrification และ denitrification โดยเริ่มจากแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์โดย nitrifying bacteria ในสภาพที่มีออกซิเจน และไนไตรท์จะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจนโดย denitrifying bacteria ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ระบบรากยังทำหน้าที่เคลื่อนย้ายก๊าซออกซิเจน และก๊าซอื่น ๆ จากยอดไปยังราก และจากรากไปยังยอด เป็นการเพิ่มก๊าซออกซิเจนให้กับดิน ดังแสดงในภาพที่ 2 นอกจากนี้ก้านหรือลำต้นทอดอยู่ในน้ำยังเป็นตัวกลางในการกรองและดูดซับตะกอน และของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำ ทำให้ความเข้มข้นของแสงแดดที่ส่องตรงสู่ผิวน้ำลดลง จึงช่วยป้องกันการเจริญเติบโตที่มากเกินไปของสาหร่ายที่อยู่ในน้ำ ส่วนก้าน ลำต้น และใบที่อยู่เหนือน้ำ จะช่วยลดผลของลมที่มีต่อน้ำ เช่น การพัดและทำให้ตะกอนที่จมอยู่ขุ่นขึ้นมา



ภาพที่ 2 การเคลื่อนย้ายของก๊าซออกซิเจน และก๊าซอื่น ๆ ภายในต้นพืช

ที่มา : William and Patrick (1994)

จากที่กล่าวมาข้างต้นพืชมีกลไกหลายประการที่ทำให้สามารถลดปริมาณสารปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสียได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามการนำพืชมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียนั้นก็มีข้อกำหนด คือ จะต้องมีการคัดเลือกพันธุ์พืชที่มีความเหมาะสม พัฒน์ (2536) กล่าวถึงคุณสมบัติของพืชที่นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โดยสรุป คือ พืชสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในท้องถิ่นนั้น นอกจากนี้ยังต้องสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง มีความสามารถในการส่งผ่านออกซิเจนได้สูง โดยการนำออกซิเจนจากบรรยากาศผ่านลงไปตามใบ

ลำต้น และราก สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษได้ค่อนข้างกว้าง มีความสามารถในการดูดซึมและเก็บสะสมสารต่าง ๆ ได้ มีความทนต่อโรค และแมลงได้ดี และสามารถนำออกจากระบบได้ง่าย เพื่อให้พืชสามารถลดปริมาณสารมลพิษที่มีอยู่ในน้ำเสียให้ได้ผลดีที่สุดนั้นต้องมีการนำพืชออกจากระบบบ้าง เพื่อมิให้พืชอยู่หนาแน่นจนเกินไปจนระบบขาดประสิทธิภาพ

การนำพืชมาใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันมีการทดลองใช้หลายชนิด โดยส่วนใหญ่จะเป็นพืชน้ำ เช่น พืชประเภทกก ต้นอ้อ ฐปฤยาธิ แห้วทรงกระเทียม เป็นต้น เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ และมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียได้ ดังนั้น ปัจจุบันมีการศึกษาเพื่อนำพืชมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พื้นที่ชุ่มน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น พบว่ามีประสิทธิภาพดี สามารถลดปริมาณสารปนเปื้อนที่อยู่น้ำเสียได้ เช่น กรุงปักกิ่ง ประเทศจีน ได้ใช้ต้นอ้อ หรือต้นกก (*Cyperus papyrus* L.) ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนและอุตสาหกรรม พบว่า สามารถลดปริมาณบีโอดีได้ประมาณร้อยละ 85.8 ลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดได้ประมาณร้อยละ 64.6 กำจัดแบคทีเรียได้ร้อยละ 94.2 และกำจัดโคลิฟอร์มได้ร้อยละ 99.9 (สุจินต์, 2539) Urbance-Bercic (1995) ได้ทดลองโดยใช้ต้นอ้อเพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชนขนาดเล็ก พบว่าสามารถลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 85.6 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 17.1 และซีโอดีร้อยละ 94.4 Buddhawong (1996) ทดลองใช้พืช 2 ชนิด คือ กกกลม และ แห้วทรงกระเทียม ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่จังหวัดสกลนคร พบว่าสามารถลดฟอสฟอรัสไนโตรเจนทั้งหมด ของแ่งแขวนลอยและบีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 60

6. การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับฐปฤยาธิและการใช้ประโยชน์

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ฐปฤยาธิเป็นพืชที่มีความสูง 1.50 เมตร ถึง 3.0 เมตร ใบยาวและเรียว ส่วนโคนต้นจมน้ำขอบขึ้นในที่ชื้นแฉะขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนของลำต้นใต้ดินและเมล็ด (Steenis, 1948) แพร่กระจายทั่วไปในเขตร้อน เช่น ประเทศไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์และตามหมู่เกาะต่างๆ ฐปฤยาธิจัดเป็นวัชพืชในกลุ่มวัชพืชชายตลิ่ง (marginal weeds) วัชพืชพวกนี้มีการเจริญเติบโตอยู่ตามชายน้ำและ ะ มีน้ำขังเล็กน้อย ลักษณะโดยทั่วไปนั้นจะมีรากหรือทั้งรากและลำต้นอยู่ในพื้นดิน บางส่วนของลำต้น ใบ และดอกขึ้นมาเจริญเหนือหน้า ฐปฤยาธิเป็นพืชที่มีทั้งโทษและประโยชน์ เป็นโทษต่อแหล่งกักเก็บน้ำชลประทานเพราะเป็นวัชพืช ส่วนเป็นประโยชน์ เช่น ส่วนของกาบใบอ่อนใช้ทำกระดาด ใบใช้มุง

หลังการระท่อมหรือเครื่องสานอย่างหยาบ ดอกตัวเมียเมื่อแก่ใช้ทำดอกไม้แห้งประดับ หรือใช้ยัดไส้หมอนได้ ช่อดอกของรูปฤาษีมีลักษณะคล้ายรูป ส่วนบนเป็นดอกตัวผู้ยาว 15-30 เซนติเมตร ส่วนล่างเป็นดอกตัวเมีย มี 1 ตอน ยาว 7-28 เซนติเมตร แต่อาจมี 2 ตอนได้ เมื่อเจริญเต็มที่ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-2.5 เซนติเมตร (Steenis, 1948) ช่อดอกของรูปฤาษีมีรูปทรงที่เหมาะสมจะนำมาเป็นดอกไม้ประดับ ต้องมีวิธีการเก็บรักษาเนื่องจากดอกย่อยที่มีจำนวนมากหลุดร่วงได้ง่ายมาก

บรรจงและอเนก (2537) ได้ทำการศึกษาวิจัยการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำร่วมกับเครื่องเติมอากาศตามโครงการแก้ไขน้ำเสียอันเนื่องมาจากพระราชดำริโดยปลูกพืชรูปฤาษีเต็มพื้นที่คลองระบาย บริเวณหนองสนม จังหวัดสกลนคร ยาว 120 เมตร เป็นเวลาอย่างน้อย 3 เดือน ผลการทดลองพบว่า รูปฤาษีมีประสิทธิภาพในการลดค่าน้ำเสีย ได้แก่ ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ค่าฟอสฟอรัสค่าไนโตรเจน และค่าสารแขวนลอย ลดลงได้ ร้อยละ 39 31 35 25 และ 68 ตามลำดับ

สุชาดาและคณะ (2537) ได้ทำการศึกษาและมีข้อเสนอแนะว่า การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบดินร่วมกับพืชน้ำจะใช้กกกล่ม กกสามเหลี่ยม แห้วกระดาน และรูปฤาษี เป็นพืชทดลองเพราะมีการเจริญเติบโตได้ดีมาก และสามารถใช้ประโยชน์พืชทั้งสามชนิดนี้โดยไม่มีผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารของมนุษย์

อุดมศักดิ์ (2540) ได้ทำการศึกษาการเก็บรักษาดอกรูปฤาษีเพื่อทำดอกไม้แห้ง โดยพบว่าสามารถจะเก็บดอกรูปฤาษีไว้ให้นานที่สุดโดยใช้สเปรย์ฉีดผม แลคเกอร์ฉีดเคลือบจะทำให้กลีบรองดอกและดอกย่อยไม่ร่วงได้นาน 3 เดือนครึ่ง

Boyd (1970) พบว่า รูปฤาษีเป็นวัชพืชที่มีศักยภาพในการกำจัดและบำบัดน้ำเสียเพราะรากของรูปฤาษีมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ที่อยู่ในน้ำเสียได้ค่อนข้างสูง และสามารถดูดซับธาตุโลหะหนักได้ เช่นปรอท ตะกั่ว แคดเมียม นอกจากนี้ รูปฤาษีนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตจักสาน มุงหลังคาบ้าน และกระดาษ เนื่องจากก้านรูปฤาษีมีเยื่อไฟเบอร์มาก ทำให้มีความเหนียว รูปฤาษีมีปริมาณน้ำหนักแห้งต่อไร่ประมาณ 1.7-2.4 ตันต่อไร่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงทดแทนได้ และมีองค์ประกอบทางเคมี คือ มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ร้อยละ 2.33 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.51 และโปแตสเซียม ร้อยละ 2.35 ค่อนข้างสูง เมื่อนำมาทำปุ๋ยหมักจะทำให้มีปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักสูงและใช้เป็นสารกำจัดแมลงได้เมื่อนำมาจุดไฟให้เกิดควัน (สุภาพรและเมธี, 2537)

รูปถ่ายสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ส่วนของลำต้นและใบสามารถนำมาเป็นวัสดุฝังหลังคา ทำตะกร้า ทำเชือก เครื่องสานเครื่องใช้พวกเสื่อ เก้าอี้ อย่างไรก็ตาม พบว่า รูปถ่ายนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ แต่หากไม่ควบคุมแล้วจะกลายเป็นตัวทำลายพื้นที่ชุ่มน้ำได้ เนื่องจากเจริญเติบโตแทนที่พืชที่เป็นอาหารของสัตว์ต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว และการควบคุมสามารถทำได้โดยการถ่ายน้ำออกจากพื้นที่ การใช้สารกำจัดวัชพืช การตัดต้นรูปถ่ายสามารถลดความหนาแน่นต่อพื้นที่ เป็นการควบคุมปริมาณ

จากการศึกษาดังกล่าวจะเห็นได้ว่ารูปถ่ายหรือกกช้าง สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายทางโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบำบัดน้ำเสีย ผลจากการศึกษาต่าง ๆ แสดงถึงการเริ่มศึกษาการนำต้นรูปถ่ายมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียในระบบทวมขังสลับแห้งอย่างกว้างขวางมากขึ้น เพื่อเป็นการนำธรรมชาติบำบัดน้ำทิ้งแทนการใช้สารเคมี และเป็นการรักษาสีสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์

1.1 อุปกรณ์การปลูกพืชและการบำบัด

1) แปลงปลูกพืชหน้าขนาดกว้างยาว 3 x 30 เมตร จำนวน 8 แปลง โดยแบ่งเป็นแปลงทดลองจำนวน 6 แปลง และแปลงควบคุมจำนวน 2 แปลง

2) วัสดุสำหรับที่ใช้ก่อสร้างแปลงทดลองขนาด 3 X 30 เมตร โดยวัสดุที่ใช้ในแปลงทดลองประกอบด้วยทรายหยาบและดินนาผสมทราย (อัตราส่วนของดินนา: ทรายเป็น 3: 1)

3) วัสดุเตรียมแปลงทดลองสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ (ท่อ PVC)

4) เครื่องปั้มน้ำ

5) ไม้เมตรสำหรับวัดระดับน้ำ

6) น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

7) พันธ์พืชที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ธูปฤาษี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Typha angustifolia* Linn. ชื่อสามัญ Cattail ความสูงของหน่อพันธุ์ 45 เซนติเมตร

1.2 อุปกรณ์สำหรับภาคสนาม

1.2.1 อุปกรณ์เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

1) ขวดพลาสติกโพลีเอสเตอร์ที่สีนํ้ากว้างอย่างน้อยเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 เซนติเมตร สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเสียขนาด 1,000 มิลลิลิตร

2) กระจกน้ำแข็งและถังน้ำแข็งขนาดใหญ่เพื่อเก็บขวดตัวอย่างน้ำก่อนทำการวิเคราะห์

3) กระดาษอลูมิเนียมฟลอยด์และปากกาเขียนฉลากที่ขวดตัวอย่างน้ำ

4) กรรไกร / คัตเตอร์

5) ขวดพลาสติกขนาด 10 X 15 นิ้ว จำนวน 2 กิโลกรัม

7) เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์ เช่น ปีกเกอร์ และหลอดหยด

1.2.2 เครื่องมือวิเคราะห์ DO, Temperature, EC, และ pH ภาคสนาม

1) เครื่องวัดออกซิเจน (YSI Model 57 Dissolved Oxygen Meter)

2) เครื่องวัด pH (GEM 310 pH Meter)

3) เครื่องวัดการนำไฟฟ้า (YSI Model 33-S-C-T Meter)

1.2.3 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับเก็บตัวอย่างดิน

1) พลั่ว

2) ขวดพลาสติกขนาด 9 x 14 นิ้ว สำหรับใส่ตัวอย่างดินแปลงละ 1 กิโลกรัม

1.2.4 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างพืช

1) สายวัดหรือไม้เมตรสำหรับวัดระดับความสูงของพืช

2) เตาอบความชื้น

3) ตาชั่ง

1.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

1.3.1 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ บีไอดี

- 1) ขวดบีไอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร
- 2) ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
- 3) อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น กระบอกตวง บิวเรต ขวดรูปกรวย
- 4) เครื่องจ่ายลม
- 5) น้ำกลั่น
- 6) สารละลายแมงกานีสซัลเฟต
- 7) สารละลายอัลคาไล – ไอโอไดด์-เอไซด์ (alkali-iodide-azide reagent)
- 8) กรดซัลฟูริกเข้มข้น (36 N)
- 9) น้ำแข็ง
- 10) สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 N

1.3.2 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ ซีไอดี

- 1) หลอดเพาะเชื้อขนาด 20 x 150 มิลลิลิตร

- 2) ตู้อบความร้อน
- 3) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต
- 4) น้ำยากรดซัลฟูริก
- 5) สารละลายเฟอร์ไรอินดิเคเตอร์
- 6) สารละลายไทเทรนต์เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.01 M

วิธีการ

1. การสำรวจและศึกษาลักษณะของโรงฆ่าสัตว์

1.1 ทำการสำรวจจำนวน และความสม่ำเสมอของการฆ่าสัตว์ที่เกิดขึ้นในโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

1.2 เก็บข้อมูลวิธีการฆ่าสัตว์และขั้นตอนการชำแหละ รวมทั้งลักษณะการใช้น้ำและของเหลว ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆ ของการฆ่าสัตว์และการชำแหละ

1.3 เก็บตัวอย่างน้ำที่เกิดจากขั้นตอนการฆ่าสัตว์และการชำแหละบริเวณจุดปล่อยน้ำเสียลงบ่อบำบัดของเทศบาลฯ โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 3 ช่วงเวลา ได้แก่ เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1 หลังจากขั้นตอนการฆ่าสัตว์ 30 นาที เก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2 หลังจากการเก็บครั้งที่ 1 ผ่านไปเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 3 เมื่อขั้นตอนการทำความสะอาดพื้นเรียบร้อยแล้ว

1.4 วัดปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการฆ่าสัตว์ทั้งหมด โดยใช้เวียร์ที่ติดตั้งบริเวณปล่อยน้ำเสียลงบ่อบำบัดของเทศบาลฯ ในการวัดปริมาณน้ำเสียทั้งหมด และวัดปริมาณน้ำประปาที่นำมาใช้ในกระบวนการฆ่าสัตว์โดยดูจากมิเตอร์น้ำประปา

ระยะเวลา ทำการศึกษา 3 วันในช่วงเวลาติดต่อกัน โดยทำการเก็บข้อมูล 3 ครั้ง

2. การวางแผนการทดลอง

2.1 การเตรียมแปลงทดลอง

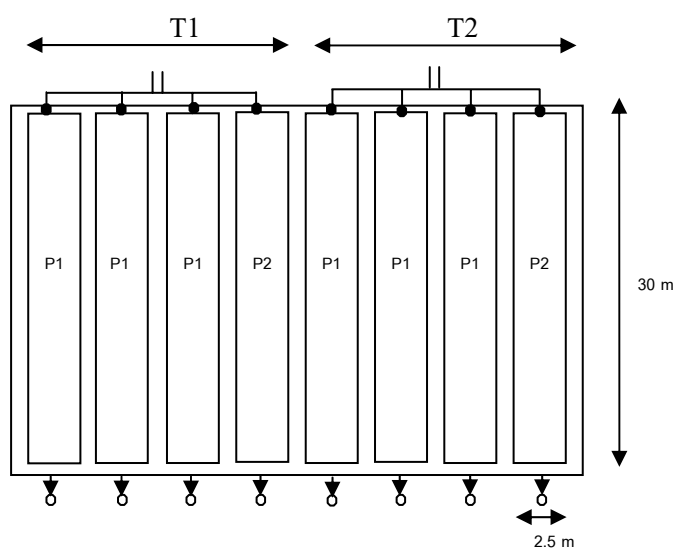
1) ลักษณะแปลงทดลอง

(1) แปลงทดลองจำนวน 8 แปลงแต่ละแปลงมีขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 30 เมตร ก่อสร้างโดยการอัดพื้นแปลงให้แน่น ปรับพื้นที่ให้มีความลาดชัน 1: 1,000 จากนั้นจึงก่อสร้างคันดินกว้าง 0.5 เมตร ใส่ทรายเป็นชั้นให้มีความหนาที่ปลายแปลง 20 เซนติเมตร เกลี่ยให้เสมอและปรับให้พื้นทรายด้านบนให้มีความลาดชัน 1: 1,000 ดังภาพที่ 3 จะแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง

(2) ใส่ดินผสม (ดิน: ทราย ที่อัตราส่วน 3: 1) ลงในแปลงเกลี่ยให้มีความหนา 80 เซนติเมตรเท่ากันทั้งแปลงเพื่อให้ น้ำเสียที่ระบายลงสู่แปลงสามารถระบายเข้าแปลงในปริมาณที่เท่ากันทั้งพื้นที่หน้าตัดบริเวณปลายแปลงก่อสร้างท่อระบายน้ำ และวาล์วเปิดปิดเพื่อให้ระบายน้ำจากแปลง

2.2 การก่อสร้างจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

1) การก่อสร้างจุดเก็บน้ำตัวอย่างในชั้นใต้ดิน จะดำเนินการโดย ฝังท่อพีวีซี (PVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 2.5 เมตร ในพื้นล่างของชั้นทรายที่ท้ายแปลง ที่เจาะรูขนาดเล็กไว้ด้านข้างและท่อหุ้มด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) เพื่อป้องกันไม่ให้ดินโคลนเข้าไปในท่อติดตั้งวาล์วเปิดปิดในการเก็บน้ำตัวอย่าง



ภาพที่ 3 ฟังการทดลอง

T1 = ชุดการทดลองที่ได้รับน้ำเสียจากบ่อบำบัดแบบฝังบ่อที่ 1

T2 = ชุดการทดลองที่ได้รับน้ำเสียจากบ่อบำบัดแบบฝังบ่อที่ 2

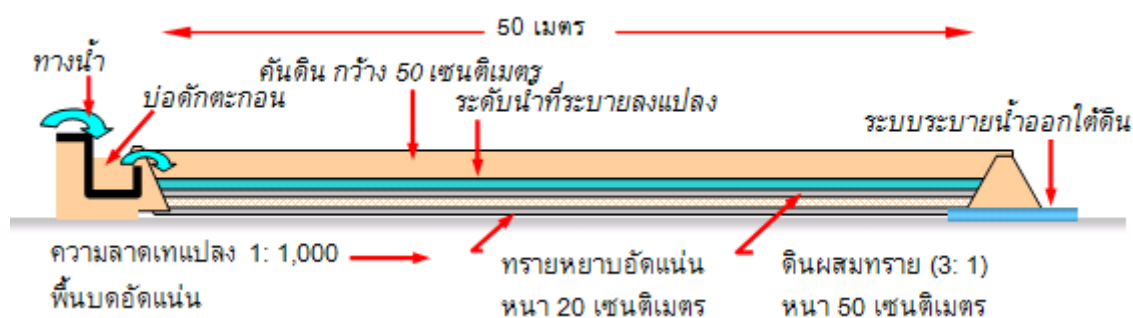
P1 = แปลงที่ปลูกหญ้า

P2 = แปลงที่ไม่มีการปลูกหญ้า

● = จุดเก็บน้ำก่อนเข้าแปลงทดลอง

○ = จุดเก็บน้ำหลังการบำบัดด้วยแปลงทดลอง

2) การก่อสร้างจุดเก็บน้ำตัวอย่างในชั้นผิวดิน จะดำเนินการโดย ฝังท่อพีวีซี (PVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 2.5 เมตร ที่ท้ายแปลง ติดตั้งวาล์วเปิดปิดในการเก็บน้ำ ตัวอย่าง



ภาพที่ 4 ลักษณะแบบแปลงทดลอง

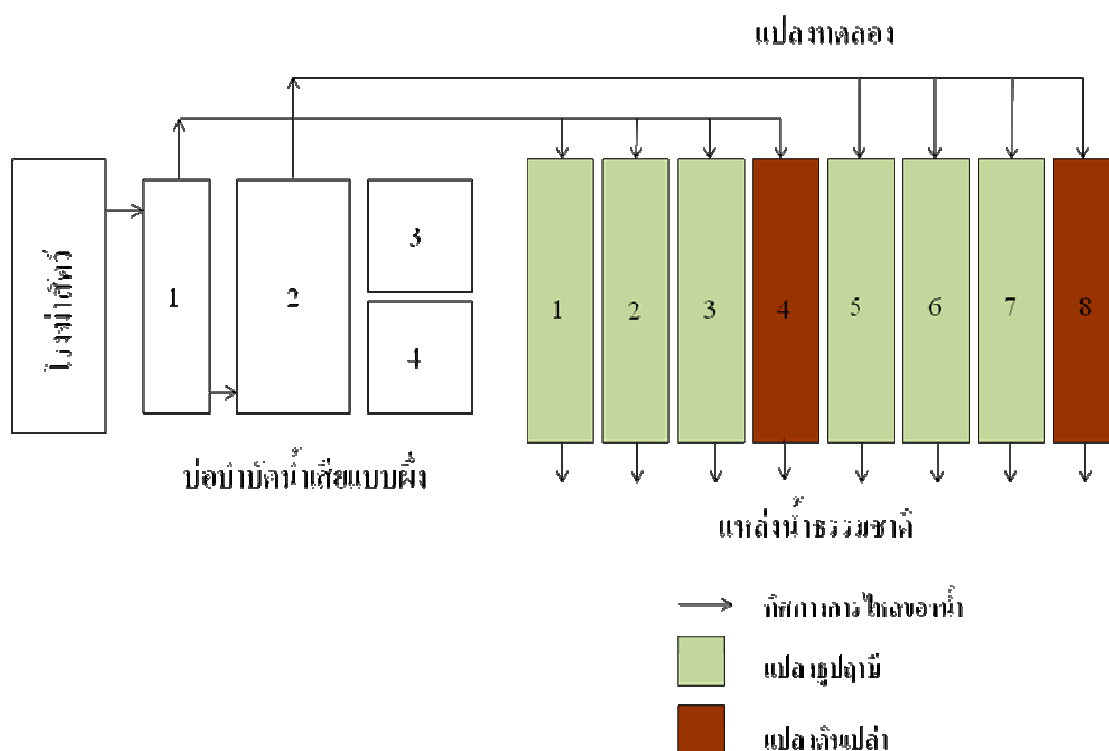
2.3 การปลูกพืช

แผนการทดลอง รูปฤๅษีจำนวน 1 สายพันธุ์ คือ *Typha angustifolia* Linn. ปลูกในแปลงทดลองของศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริภาคตะวันตก จังหวัดสุพรรณบุรี วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบไปด้วย 4 หน่วยการทดลอง คือ แปลงที่ปลูกรูปฤๅษี จำนวน 6 แปลงและแปลงที่ไม่ปลูกพืชจำนวน 2 แปลง แต่ละแปลงขนาดกว้าง 2.5 เมตร ยาว 30 เมตร สูง 1.5 เมตร รวมทั้งหมด 8 แปลง แหล่งน้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลอง 2 แหล่งคือ น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่ผ่านการบำบัดจากบ่อฝั่่งที่ 1 จะเข้าสู่แปลงทดลองที่ 1-4 และน้ำที่ผ่านการบำบัดจากบ่อฝั่่งที่ 2 จะเข้าสู่แปลงทดลองที่ 5-8

2.4 การทดลองบำบัดน้ำเสีย

ระบบการปล่อยน้ำสู่แปลงทดลองแต่ละแปลงจนได้ระดับน้ำสูงประมาณ 25 เซนติเมตร ทำการบันทึกปริมาณน้ำและทำการขังน้ำไว้เป็นเวลา 5 วัน แล้วระบายน้ำให้แปลงอยู่ในสภาพแห้งน้ำ 2 วัน ซึ่งเป็นการบำบัดน้ำเสียครบ 1 รอบ แล้วปล่อยน้ำเสียเข้าแปลงทดลองเพื่อการบำบัดน้ำเสียรอบต่อไปทำเช่นนี้จนครบ 12 รอบ

เก็บตัวอย่างน้ำเสียลงขวดพลาสติกโพลีเอทธิลีนขนาดความจุ 1,000 มิลลิลิตร ที่เขียนระบุรหัสและวันที่เก็บตัวอย่างแปลงละ 2 ขวด ขวดเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรในขวดที่นำไปวิเคราะห์ซีโอดี เก็บรักษาน้ำตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุกสัปดาห์ โดยการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนเข้าแปลงทดลอง และทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ปล่อยออกจากแปลงทดลองทุกครั้งจนครบ 12 สัปดาห์



ภาพที่ 5 แผนภาพการนำน้ำเสียจากบ่อสิ่งที่ 1 และ 2 ของโรงน้ำดิบมาใช้ในแปลงทดลอง

การวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำตามวิธีการที่อ้างอิงไว้ใน Standard Method for Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA และ WPCE, 1995) โดยกำหนดดัชนีคุณภาพน้ำดังตารางที่ 2 และทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) การศึกษาความสูง มวลชีวภาพ และธาตุอาหารในพืช

(1) ทำการวัดความสูงของพืชทุก ๆ รอบการทดลอง ในแต่ละแปลง โดยทำเครื่องหมายไว้ที่ต้นพืชที่วัดความสูงทั้ง 10 ต้น จนครบรอบการทดลอง

(2) เมื่อทำการทดลองครบ 90 วัน ทำการตัดต้นพืชทั้งหมด 6 แปลง แปลงละ 1 กิโลกรัม โดยทำการตัดพืชทั้งหมดในแปลงทดลองตั้งแต่ส่วนที่เหนือดินขึ้นไป ซึ่งนำหนักพืชที่ตัดมาทั้งแปลง (น้ำหนักเปียกทั้งแปลง) จากนั้นสุ่มตัวอย่างมาแปลงละ 1 กิโลกรัม เก็บตัวอย่างพืชใส่ถุงกระดาษที่ได้ชั่งน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว นำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างพืชแห้ง ทำการบันทึกน้ำหนักแห้ง น้ำหนักแห้งก็คือ มวลชีวภาพของพืชทดลองจำนวน 1 กิโลกรัม นำข้อมูลที่ได้นี้มาคูณกับน้ำหนักพืชทั้งแปลง

ตารางที่ 2 ดัชนีคุณภาพน้ำ การเก็บรักษาตัวอย่าง และวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ดัชนีคุณภาพน้ำ	การเก็บตัวอย่าง	เครื่องมือและวิธีการ
คุณสมบัติทางกายภาพ		
1. อุณหภูมิ (Temperature, °C)	วิเคราะห์ภาคสนาม	Thermometer
คุณสมบัติทางเคมี		
2. ความเป็นกรดด่าง (pH)	วิเคราะห์ภาคสนาม	pH-Meter
3. ความเป็นด่าง(Alkalinity, mg/l)	แช่เย็นที่ 4 °C	Titration method
4. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, mg/l)	วิเคราะห์ภาคสนาม	DO-meter
5. ค่าการนำไฟฟ้า(Electrical Conductivity, ไมโครซีเมน/เซนติเมตร)	วิเคราะห์ภาคสนาม	Conductivity-meter
6. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	วิเคราะห์ภาคสนาม	Conductivity-meter
7. บีโอดี (BOD)	วิเคราะห์ภาคสนาม	BOD incubation 20°C 5 days
8. ซีโอดี (COD)	วิเคราะห์ภาคสนาม	Reflux, potassium dichromate, Titrimetric method

3. การนำเสนอข้อมูล

ในการนำเสนอข้อมูลดิบของการทดลอง คือ ดัชนีคุณภาพน้ำ และความสูงเพื่อเป็นดัชนีการเจริญเติบโตของพืช นำเสนอไว้ในตารางภาคผนวก จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติตามแผนการทดลองและนำเสนอค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดน้ำและชนิดพืช คำนวณประสิทธิภาพการบำบัดของ บีโอดี และ ซีโอดีอย่างคร่าวๆ (Approximate efficiency, Ap. eff, %) โดยสมมติว่าน้ำที่ใส่เข้าไปและน้ำที่ระบายออกมามีปริมาตรไม่แตกต่างกัน การคำนวณประสิทธิภาพการบำบัด มีดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ(\%)} = \left[\frac{\text{บีโอดี/ซีโอดี ก่อนบำบัด} - \text{บีโอดี/ซีโอดี หลังบำบัด}}{\text{บีโอดี/ซีโอดี ก่อนบำบัด}} \right] \times 100$$

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี ซีโอดีในแต่ละความเข้มข้นของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ 2 ความเข้มข้น โดยใช้การเปลี่ยนปัจจัยในการวิเคราะห์ เพื่อหาค่าความแตกต่าง (F-value) ระหว่างข้อมูลของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี และ ซีโอดี ของน้ำเสียจากปัจจัยทั้งชนิดพืชและแหล่งน้ำเสีย ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยจะใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

4. ระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย

ทำการศึกษาวิจัยตั้งแต่เดือน เมษายน ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2550 รวมระยะเวลาในการทดลองทั้งสิ้น 4 เดือน

5. สถานที่ทำการทดลอง

5.1 สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ ดิน และพืช ณ บริเวณแปลงพืชน้ำบำบัดน้ำเสียโครงการศึกษาวิจัยพัฒนาลิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ศูนย์ภาคตะวันตก จังหวัดสุพรรณบุรี และบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ของเทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

5.2 สถานที่วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ณ ห้องปฏิบัติการคณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี เพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดีโดยใช้สภาพดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับรูปถ่ายมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดี ซึ่งศึกษาที่ระดับความเข้มข้นของค่าความสกปรก 2 ระดับ ขังน้ำเสียไว้ในแปลงทดลอง 5 วันแล้วปล่อยให้ดินแห้ง 2 วัน รวมระยะเวลาแต่ละรอบ 7 วัน เป็นเวลา 83 วัน เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำที่ได้กำหนดไว้ในข้างต้นรวมทั้งวัดความสูงของรูปถ่าย ในแต่ละรอบการทดลอง หลังจากสิ้นสุดการทดลองเก็บตัวอย่างรูปถ่ายมาหามวลชีวภาพและเปอร์เซ็นต์น้ำในพืช รายละเอียดผลการศึกษามีดังนี้

1. ข้อมูลและคุณภาพน้ำของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีมีโรงฆ่าสัตว์ที่ทำการฆ่าและชำแหละสุกรเพียงแห่งเดียว มีปริมาณสุกรที่ฆ่าและชำแหละประมาณ 24-32 ตัวต่อวัน ดำเนินการ 6 วันต่อสัปดาห์ยกเว้นวันพระ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ออกมาจากกิจกรรมการฆ่าและชำแหละสุกรรวมทั้งปริมาณและอัตราการไหลของน้ำเสีย เป็นวัน 3 วัน

ตารางที่ 3 ปริมาณและคุณภาพน้ำเสียจากกิจกรรมการฆ่าและชำแหละสุกรของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

ปริมาณ สุกร (ตัว)	ปริมาณ น้ำ ทั้งหมด (ลูกบาศก์ เมตร)		Temp (°C)	DO (mg/l)	EC (µs/cm)	TDS (ppm)	pH	Al (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
24	5,976,144		31.8	1.9	506.3	254.7	7.8	286.0	34.7	1,450.9
27	4,376,736		37.4	3.5	631.3	315.3	7.9	292.7	34.7	1,424.9
32	9,674,190		35.5	3.6	453.3	215.0	7.9	297.3	30.0	1,403.8

จากการเก็บข้อมูลดังกล่าวจะได้ปริมาณสุกร 24, 27, และ 32 ตัวตามลำดับ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการฆ่าและชำแหละทั้งหมด 5,976,144 4,376,736 และ 9,674,190 ลูกบาศก์เมตรตามลำดับ คุณภาพน้ำที่นำมาทำการวิเคราะห์มีค่าบีโอดีที่ค่อนข้างต่ำคือ 30.0-34.7 mg/l แต่มีค่าซีโอดีที่สูงถึง 1,403.8 - 1,450.9 mg/l ดังตารางที่ 3

โรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีได้มีการจัดการเกี่ยวกับน้ำเสียที่มาจากโรงฆ่าสัตว์โดยใช้ระบบแบบบ่อฝัง จะมีทั้งหมด 4 บ่อ โดยน้ำเสียจะเข้ามาสู่บ่อที่ 1 จากนั้นน้ำจากบ่อที่ 1 จะไหลลงไปยังบ่อที่ 2 แต่เนื่องปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีไม่มากนักจึงทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดจากบ่อที่ 2 ไม่สามารถลงไปยังบ่อที่ 3 และ 4 ได้ มีปริมาณของน้ำฝนเข้าไปสะสมภายในบ่อจนทำให้เกิดการล้นได้เท่านั้น การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดีจึงทำการศึกษาจากบ่อบำบัดที่ 1 และ 2

2. คุณภาพน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีก่อนบำบัดด้วยสภาพดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับรูปถ่าย

ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บมาจะนำมาวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพทั้งหมด 8 ดัชนี คือ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด บีโอดีและซีโอดี นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์สถิติ โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ในทุกกรอบการทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์เมื่ออุณหภูมิสูง จุลินทรีย์ในดินจะดำเนินกิจกรรมในการย่อยสลายอินทรีย์ได้ดีในช่วง ผลต่อการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ 25-30 องศาเซลเซียส (คณาจารย์ปฐพีวิทยา, 2535) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายจะเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (นิพนธ์ และคณิตา, 2550) นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การละลายของออกซิเจนในน้ำต่ำลงเพราะเกิดการระเหย แต่จะทำให้การละลายของออกซิเจนเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำลง

อุณหภูมิของน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 31.6 องศาเซลเซียส 7.7 เปอร์เซนต์ และ 2.4 ตามลำดับ อุณหภูมิในรอบที่ 1, 3, 5, 7 และ 9 มีค่าสูงกว่าช่วงที่เหมาะสมในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของ

จุลินทรีย์ในดิน มีเพียงรอบที่ 11 เท่านั้นที่มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (ตารางที่ 4) อุณหภูมิของบ่อฝังที่ 2 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 31.3 องศาเซลเซียส 6.3 เปอร์เซนต์ และ 2.0 ตามลำดับ อุณหภูมิในน้ำเสียของบ่อฝังที่ 2 ไม่มีรอบการทดลองที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมเลย (ตารางที่ 5) ค่าเฉลี่ยจะใกล้เคียงกับบ่อฝังที่ 1 ส่วนใหญ่เกินช่วงที่เหมาะสมของการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

2.2 ความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรด-ด่างเป็นค่าที่มีความสำคัญต่อการควบคุมการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหารของผู้ผลิตและต่อเมตาบอลิซึมของทั้งผู้ผลิตและผู้ย่อยสลาย (ศิวพร, 2551) ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 0-14 น้ำบริสุทธิ์มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 น้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 ถือว่าเป็นด่าง ส่วนน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็นกรด เกิดขึ้นจากการแตกตัวของกรดในน้ำ โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำจะดำรงชีวิตได้ดีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6-8 (กรรณิการ์, 2544) นอกจากนี้ความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียยังบอกถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในสภาพน้ำขัง ซึ่งเป็นสภาพที่ไร้ออกซิเจน เมื่อไร้คักขึ้นเกิดขึ้น ดินที่เป็นกรดมักจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นคือค่าระหว่าง 6-7 และจะสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการขังน้ำเพิ่มขึ้น (ทัศนีย์, 2534) ดังนั้นในการวิเคราะห์น้ำ จึงวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทุกครั้ง

ความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 6.9 5.3 เปอร์เซนต์ และ 0.4 ตามลำดับ ในรอบการทดลองทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ (ตารางที่ 4) ความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 7.5 4.5 เปอร์เซนต์ และ 0.3 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ในรอบการทดลองทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน และยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่กำหนดอยู่ไว้ในช่วง 5.5-9.0 (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

2.3 ความเป็นด่าง

ความเป็นด่าง คือ ความสามารถของน้ำที่จะรับ ไฮโดรเจนไอออน เพื่อให้กรดเป็นกลาง (มันสัน และไพพรรณ, 2544) หมายถึง ปริมาณกรดที่ต้องการลดพีเอชของน้ำโดยการเปลี่ยน HCO_3^- และ CO_3^{2-} เป็นกรดคาร์บอนิก การวัดปริมาณกรดที่เติมลงไปเพื่อให้พีเอชของน้ำเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก เรียกได้ว่าความเป็นด่างบอกถึงความเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำ ช่วยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงพีเอชรวดเร็วเกินไป ถ้าแหล่งน้ำไม่มีระบบบัฟเฟอร์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ละลายน้ำได้กรดคาร์บอนิกและพีเอชจะลดลงถึง 4.5 ในเวลากลางคืน เกิดจากการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการหายใจของพืชและสัตว์น้ำ แต่ในช่วงเวลากลางวันจะมีพีเอชประมาณ 10 เพราะพืชน้ำใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง ทำให้ HCO_3^- เปลี่ยนไปเป็น CO_3^{2-} และ CO_3^{2-} เปลี่ยนเป็น OH^- (นิพนธ์ และคณิตา, 2550)

แหล่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมีค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 20-200 mg/l CaCO_3 แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ที่ดีควรมีค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 100-200 mg/l CaCO_3 (นิพนธ์ และคณิตา, 2550)

ค่าความเป็นด่างในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 443.6 มิลลิกรัมต่อลิตร 20.9 เปอร์เซนต์ และ 86.8 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าความเป็นด่างในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 357.6 มิลลิกรัมต่อลิตร 17.4 เปอร์เซนต์ และ 59 ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

2.4 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ออกซิเจนที่ละลายน้ำเกิดจากแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศเหนือน้ำที่แพร่ลงสู่แหล่งน้ำ และกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืช (นิพนธ์ และคณิตา, 2550) มีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์น้ำ รวมทั้งจุลินทรีย์ต่าง ๆ เพื่อดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การหายใจของพืชและสัตว์น้ำ และกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายน้ำของแก๊สออกซิเจนได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศ และสารอื่น ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นและความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศลดลง รวมทั้งมีปริมาณสารเจือปนที่ใช้ออกซิเจนในน้ำอยู่ในปริมาณมาก มีผลทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง (นิพนธ์ และคณิตา, 2550)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร 51.1 เปอร์เซ็นต์ และ 0.4 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยในทุกรอบการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) (ตารางที่ 4) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 1.61 มิลลิกรัมต่อลิตร 50.7 เปอร์เซ็นต์ และ 0.8 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) มีรอบการทดลองที่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินคือรอบที่ 1, 3 และ 9

2.5 ค่าการนำไฟฟ้า

การวัดความนำไฟฟ้า เป็นการวัดความสามารถในการนำไฟฟ้าของสารละลาย โลหะหรือแก๊ส โลหะส่วนมากจะเป็นตัวนำไฟฟ้า เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระในโลหะ ไอออนบวกและไอออนลบในสารละลายจะเป็นตัวนำไฟฟ้า พบว่าสารที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูงจะมีการนำไฟฟ้าต่ำ (นิพนธ์ และคณิตา, 2550) น้ำที่มีไอออนของสารต่าง ๆ อยู่สามารถนำไฟฟ้าได้ในสนามไฟฟ้ากระแสไอออนบวกจะเคลื่อนไปที่อิเล็กโทรดขั้วลบและไอออนลบจะเคลื่อนไปที่อิเล็กโทรดขั้วบวก กรด เบส และเกลืออนินทรีย์ เช่น Na_2CO_3 และ NaCl เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีเพราะแตกตัวให้อิออนบวกและลบได้ดี ค่าการนำไฟฟ้าไม่ได้เป็นค่าเฉพาะไอออนตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นค่ารวมของไอออนทั้งหมดในน้ำ กล่าวคือเมื่อค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นก็แสดงว่ามีสารที่แตกตัวได้ในน้ำเพิ่มขึ้นหรือถ้าค่าการนำไฟฟ้าลดลงก็แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำลดลง (สิวพร, 2551)

คณะกรรมการห้องปฏิบัติการทางดินของสหรัฐอเมริกา ได้ใช้ค่า EC และ SAR (sodium adsorption ratio) เพื่อแสดง พิษภัยของความเค็มและโซเดียมของน้ำชลประทานไว้ โดยตั้งค่ามาตรฐานสำหรับค่า EC ไว้ 5 ระดับ คือ 100-250, 250-750, 750-2,250, 2,250-4,000 และมากกว่า 4,000 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตรที่ทำให้น้ำมีความเค็ม แบ่งคุณภาพน้ำเป็นชั้น 1 (ต่ำ), 2 (ปานกลาง), 3 (ปานกลาง-สูง) , 4 (สูง) และ 5 (สูงมาก) ตามลำดับ (Seatz and Peterson, 1964)

ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 880.8 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร 22.1 เปอร์เซ็นต์ และ 193.4 ตามลำดับ ในรอบการทดลองที่ 1, 3 และ 11 มีค่าเฉลี่ยอยู่คุณภาพน้ำที่ระดับความเค็ม ปานกลาง-สูง ในรอบการทดลองที่ 5, 7 และ 9 มีค่าเฉลี่ยอยู่คุณภาพน้ำที่ระดับความเค็มปานกลาง (ตารางที่ 4) ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 641.8 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร 26.3 เปอร์เซ็นต์ และ 170.9 ตามลำดับ ในรอบการทดลองทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยอยู่คุณภาพน้ำที่ระดับความเค็มปานกลาง

2.6 ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ

ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และสามารถไหลผ่านกระดาษกรองขนาด 2 ไมโครเมตรได้ เป็นการวัดผลรวมของไอออนบวกและไอออนลบในน้ำ ไอออนลบที่พบในน้ำส่วนใหญ่ ได้แก่ คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ไฮโดรเจนคาร์บอเนต (HCO_3^-) คลอไรด์ (Cl^-) ไนเตรต (NO_3^-) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ไอออนบวกส่วนใหญ่ที่พบในน้ำ ได้แก่ แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) โซเดียมไอออน (Na^+) และ โพแทสเซียมไอออน (K^+) ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ไม่ได้บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างไอออนกับไอออนลบในน้ำ แต่ใช้บอกถึงคุณภาพน้ำได้โดยเฉพาะเกี่ยวกับรสชาติของน้ำ คือ น้ำดื่มที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ >300 (รสชาติขม), 300-600 (รสชาติดี), 600-900 (รสชาติปานกลาง) 900-1,200 (รสชาติไม่ชวนดื่ม) มิลลิกรัมต่อลิตร (นิพนธ์ และคณิตา, 2550)

ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 466.5 มิลลิกรัมต่อลิตร 25.7 เปอร์เซ็นต์ และ 120.1 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยในทุกรอบการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 261.1 มิลลิกรัมต่อลิตร 16.8 เปอร์เซ็นต์ และ 43.9 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ในทุกรอบการทดลองมีค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมเช่นกัน

2.7 บีโอดี

บีโอดี คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีก๊าซออกซิเจน เป็นดัชนีที่สามารถใช้ในการแสดงให้เห็นว่าน้ำนั้นมีความสกปรก เน่าเสียมากน้อยเพียงใด ถ้าแหล่งน้ำนั้นมีค่าบีโอดีสูงมากแสดงว่าในแหล่งน้ำนั้นมีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายอยู่มากและจะเป็นอาหารชั้นดีของแบคทีเรีย ซึ่งก็จะต้องมีการหายใจโดยใช้ก๊าซออกซิเจนในน้ำนั้นเป็นจำนวนมากด้วยทำให้เกิดการขาดออกซิเจนได้ (กรรณิการ์, 2544)

ค่าบีโอดีในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 199.6 มิลลิกรัมต่อลิตร 24.7 เปอร์เซนต์ และ 49.2 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ในทุกรอบการทดลองมีค่าเฉลี่ยที่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) สูงมากจึงไม่สมควรปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติ ก่อนการบำบัดอย่างยิ่ง ค่าบีโอดีในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 78.3 มิลลิกรัมต่อลิตร 19.7 เปอร์เซนต์ และ 25.1 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) มีค่าเฉลี่ยเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งในทุกรอบการทดลองเช่นเดียวกัน

2.8 ซีโอดี

ซีโอดีเป็นสมบัติทางเคมีของน้ำที่บ่งชี้ถึงปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดที่สามารถถูกออกซิไดส์ได้โดยตัวเดิมออกซิเจนอย่างแรง ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ซึ่งมีข้อได้เปรียบกว่าการวัดค่าสารอินทรีย์ทางชีววิทยา คือสามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็วกว่ามาก แต่มีข้อเสียที่สามารถวัดปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากโดยวิธีทางชีววิทยาเข้าไปร่วมด้วย อีกทั้งสามารถรับอิเล็กตรอนจากอนินทรีย์สารที่ปนเปื้อน เช่น คลอไรด์ และอนุมูลที่สารทำให้อิเล็กตรอนเช่น Fe^{2+} , Mn^{2+} และ S^{2-} โดยปกติจะทำปฏิกิริยากับ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ซึ่งเป็นตัวรับอิเล็กตรอนที่เหมาะสมสำหรับประเมินปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียแต่ก็มีสารอินทรีย์ดังกล่าวเป็นตัวปนเปื้อน ดังนั้นค่าซีโอดีจึงสูงกว่าค่าบีโอดีเสมอ (สิวพร, 2551)

ค่าซีโอดีในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 335.4 มิลลิกรัมต่อลิตร 14.0 เปอร์เซนต์ และ 47.0 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ในทุกรอบการทดลองมีค่าเฉลี่ยที่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน

120 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ค่าซีโอดีในน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 160.9 มิลลิกรัมต่อลิตร 22.9 เปอร์เซนต์ และ 36.8 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) มีค่าเฉลี่ยเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งในทุกรอบการทดลองเช่นเดียวกัน

เมื่อนำผลวิเคราะห์การทดลองของทั้ง 2 บ่อมาเปรียบเทียบกันพบว่า บีโอดีและซีโอดีของบ่อฝังที่ 1 มีค่าเป็น 2.6 และ 2.1 เท่าของบ่อฝังที่ 2 สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของค่าบีโอดีและซีโอดีคือ 24.7 และ 14.0 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง เช่นเดียวกับค่าบีโอดีและซีโอดีของบ่อฝังที่ 2 ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนคือ 19.7 และ 22.9 เปอร์เซนต์ ทั้งนี้เนื่องจากช่วงที่ทำการทดลองอยู่ในฤดูฝนคือเดือนเมษายน-กรกฎาคม มีปริมาณน้ำฝนทั้ง 4 เดือนคือ 433.7 มิลลิตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551) อีกทั้งจำนวนสุกรที่ฆ่าและชำแหละมีไม่เท่ากันในแต่ละวัน จึงทำให้มีค่าแปรปรวนที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงที่สุดทั้งบ่อฝังที่ 1 และ 2 คือ 51.1 และ 50.7 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องด้วยเหตุผลดังกล่าวเช่นกัน

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 1 จะพบว่าคุณภาพน้ำเสียที่ออกจากกิจกรรมของโรงฆ่าสัตว์ในช่วงเวลาที่มีการฆ่าและชำแหละสุกรนั้นมีค่าซีโอดีสูงมากคือ 1,403.8-1,450.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้านำมาเปรียบเทียบกับค่าซีโอดีจากบ่อฝังที่ 1 และ 2 คือ 335.4 และ 160.9 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากน้ำเสียที่ออกมาจะผ่านมายังท่อระบายน้ำและลงสู่บ่อฝังที่ 1 ช่วงที่เก็บน้ำตัวอย่างจะเก็บพื้นที่ที่มีการใช้น้ำหรือปล่อยน้ำเสียมาทางท่อระบาย กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ จึงมีไม่มากเมื่อเทียบกับตอนที่น้ำเสียถูกพักอยู่ในบ่อฝังจึงทำให้มีค่าซีโอดีค่อนข้างสูง ตรงกันข้ามเมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีพบว่าน้ำเสียขณะดำเนินกิจกรรมฆ่าและชำแหละมีค่าคือ 30-34.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่บีโอดีในบ่อฝังที่ 1 และ 2 คือ 199.6 และ 78.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเสียที่ออกมานำมาถูกพักในระบบบำบัดแบบบ่อฝังซึ่งปริมาณน้ำในแต่ละวันมีไม่มากเมื่อเทียบกับความจุของบ่อ ทำให้มีการสะสมน้ำเสียไว้ในบ่อทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วรวมทั้งไม่มีการกรองเอาไส้ กากของเสียออกก่อนที่จะปล่อยลงสู่บ่อฝังทำให้เกิดการสะสมของกากอินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายมากขึ้นส่งผลต่อให้ค่าบีโอดีให้เพิ่มสูงขึ้นด้วย

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ก่อนเข้า
แปลงทดลอง

ดัชนี	รอบที่						mean	CV (%)	± SD
	1	3	5	7	9	11			
T(°C)	34.4	31.5	30.4	34.4	31.8	28.9	31.6	7.7	2.4
pH	7.2	6.9	6.0	7.0	7.3	7.2	6.9	5.3	0.4
Alkalinity (mg/l)	488.0	400.0	453.0	474.0	462.0	384.0	443.6	20.9	86.8
DO (mg/l)	1.1	1.0	0.5	0.5	0.2	0.3	0.6	51.1	0.4
EC (µS/cm)	1055.0	1098.0	747.0	747.0	582.0	1055.0	880.8	22.1	193.4
TDS (mg/l)	575.8	589.2	375.5	375.5	293.7	575.8	466.5	25.7	120.1
BOD (mg/l)	210.0	233.1	216.3	162.0	141.3	157.2	186.6	24.7	49.2
COD (mg/l)	340.1	280.4	338.9	321.0	402.2	301.5	330.7	14.0	47.0

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ก่อนเข้าแปลงทดลอง

ดัชนี	รอบที่						mean	CV (%)	± SD
	1	3	5	7	9	11			
T(°C)	31.4	32.1	34.0	31.4	32.3	30.4	31.3	6.3	2.0
pH	7.7	8.2	6.9	7.3	7.5	7.6	7.5	4.5	0.3
Alkalinity (mg/l)	299.7	384.3	360.3	384.3	364.0	352.7	357.6	17.4	59.0
DO (mg/l)	2.2	2.5	1.2	0.8	3.3	0.8	1.8	50.7	0.8
EC (µS/cm)	767.0	769.3	510.7	510.7	526.3	767.0	641.8	26.3	170.9
TDS (mg/l)	288.5	286.0	259.5	259.5	265.8	288.5	261.1	16.8	43.9
BOD (mg/l)	68.5	82.3	83.0	62.0	85.7	82.7	77.4	19.7	25.1
COD (mg/l)	179.2	166.8	166.8	107.3	169.3	149.4	156.5	22.9	36.8

3. คุณภาพน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีหลังบำบัดด้วยสภาพดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับรูปถ่าย

3.1 คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดจากบ่อฝังที่ 1

จากผลการทดลองพบว่า การทดลองที่มีรูปถ่ายมีอุณหภูมิเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 27.9 องศาเซลเซียส, 3.8 เปอร์เซนต์ และ 1.1 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 7.5 3.11 เปอร์เซนต์ และ 0.2 ตามลำดับ ค่าความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 392.6 มิลลิกรัมต่อลิตร 11.5 เปอร์เซนต์ และ 45.3 ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร 27.2 เปอร์เซนต์ และ 0.4 ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 602.4 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร 29.1 เปอร์เซนต์ และ 175.1 ตามลำดับ ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 310.2 มิลลิกรัมต่อลิตร 24.4 เปอร์เซนต์ และ 75.7 ตามลำดับ ค่าบีโอดีมี

ค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 52.6 มิลลิกรัมต่อลิตร 76.6 เปอร์เซ็นต์ และ 40.3 ตามลำดับ ค่าซีไอดีมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 123.6 มิลลิกรัมต่อลิตร 35.4 เปอร์เซ็นต์ และ 43.8 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) การทดลองที่ไม่มีรูปถ่ายมีอุณหภูมิเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 28.5 องศาเซลเซียส 2.2 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 7.8 5.04 เปอร์เซ็นต์ และ 0.4 ตามลำดับ ค่าความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 384.0 มิลลิกรัมต่อลิตร 12.3 เปอร์เซ็นต์ และ 47.3 ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร 36.5 เปอร์เซ็นต์ และ 0.4 ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 593.5 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร 36.3 เปอร์เซ็นต์ และ 215.2 ตามลำดับ ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 321.4 มิลลิกรัมต่อลิตร 30.6 เปอร์เซ็นต์ และ 98.4 ตามลำดับ ค่าบีไอดีมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 55.2 มิลลิกรัมต่อลิตร 67.9 เปอร์เซ็นต์ และ 37.5 ตามลำดับ ค่าซีไอดีมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 148.0 มิลลิกรัมต่อลิตร 50.7 เปอร์เซ็นต์ และ 75.1 ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

3.2 คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดจากบ่อฝังที่ 2

จากผลการทดลองพบว่า การทดลองที่มีรูปถ่ายมีอุณหภูมิเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 27.7 องศาเซลเซียส 5.0 เปอร์เซ็นต์ และ 1.4 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 7.4 1.7 เปอร์เซ็นต์ และ 0.1 ตามลำดับ ค่าความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 328.1 มิลลิกรัมต่อลิตร 9.9 เปอร์เซ็นต์ และ 32.6 ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 1.7 มิลลิกรัมต่อลิตร 39.3 เปอร์เซ็นต์ และ 0.6 ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 516.2 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร 22.6 เปอร์เซ็นต์ และ 116.8 ตามลำดับ ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 272.8 มิลลิกรัมต่อลิตร 18.4 เปอร์เซ็นต์ และ 50.2 ตามลำดับ ค่าบีไอดีมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 28.6 มิลลิกรัมต่อลิตร 57.2 เปอร์เซ็นต์ และ 16.3 ตามลำดับ ค่าซีไอดีมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบน

มาตรฐาน คือ 82.9 มิลลิกรัมต่อลิตร 38.9 เปอร์เซ็นต์ และ 32.3 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) การทดลองที่ไม่มีรูปถ่ายมีอุณหภูมิเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 28.3 องศาเซลเซียส 6.5 เปอร์เซ็นต์ และ 1.8 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 8.4 5.7 เปอร์เซ็นต์ และ 0.5 ตามลำดับ ค่าความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 305.4 มิลลิกรัมต่อลิตร 10.4 เปอร์เซ็นต์ และ 31.8 ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร 40.1 เปอร์เซ็นต์ และ 0.6 ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 481.7 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร 25.3 เปอร์เซ็นต์ และ 121.8 ตามลำดับ ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 266.4 มิลลิกรัมต่อลิตร 30.4 เปอร์เซ็นต์ และ 80.9 ตามลำดับ ค่าบีโอดีมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 31 มิลลิกรัมต่อลิตร 62.2 เปอร์เซ็นต์ และ 19.2 ตามลำดับ ค่าซีโอดีมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 78.11 มิลลิกรัมต่อลิตร 30.8 เปอร์เซ็นต์ และ 12.9 ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าของดัชนีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการทดลองทั้งน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 และ 2 มีค่าของออกซิเจนที่ละลายน้ำ บีโอดีและซีโอดีที่ยังเกินเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมอยู่ในบางการทดลอง เนื่องจากค่าเริ่มต้นของน้ำก่อนการบำบัดมีค่อนข้างสูง จึงควรมีศึกษาการบำบัดของระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับรูปถ่ายต่อไป เพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ในได้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 ของโรงฆ่าสัตว์ หลังการบำบัดด้วยแปลงทดลอง

ชนิดพืช	รอบที่						mean	CV (%)	±SD
	1	3	5	7	9	11			
รูปถ่าย									
T(°C)	27.8	27.8	28.8	29.4	29.0	25.8	27.9	3.8	1.1
pH	7.5	7.3	7.6	7.5	7.7	7.7	7.5	3.1	0.2
Alkalinity (mg/l)	388.0	331.3	388.0	418.7	415.3	430.0	392.6	11.5	45.3
DO (mg/l)	2.1	1.8	0.8	1.6	1.6	1.8	1.5	27.2	0.4
EC (µS/cm)	737.0	484.0	560.0	755.0	532.0	442.0	602.4	29.1	175.1
TDS (mg/l)	394.0	388.0	270.0	363.0	265.0	251.0	310.2	24.4	75.7
BOD (mg/l)	130.0	88.0	98.0	26.0	41.0	40	52.6	76.6	40.3
COD (mg/l)	168.6	205.4	117.9	86.2	141.5	138.3	123.6	35.4	43.8
ไม่มีรูปถ่าย									
T(°C)	27.7	27.7	30.4	29.5	31.6	27.4	28.5	2.2	1.5
pH	7.6	7.2	7.7	7.8	8.1	7.9	7.8	5.04	0.4
Alkalinity (mg/l)	366.0	298.0	399.0	416.0	396.0	420.0	384.0	12.3	47.3
DO (mg/l)	2.0	1.2	0.5	1.1	1.7	1.2	1.2	36.5	0.4
EC (µS/cm)	799.0	270.0	540.0	688.0	533.0	436.0	593.5	36.3	215.2
TDS (mg/l)	415.0	415.0	266.0	430.0	266.0	212.0	321.4	30.6	98.4
BOD (mg/l)	140.0	90.0	96.0	33.0	3.0	36.0	55.2	67.9	37.5
COD (mg/l)	97.2	138.9	86.2	86.2	104.3	63.1	148	50.7	75.1

ตารางที่ 7 คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ของโรงฆ่าสัตว์ หลังการบำบัดด้วยแปลงทดลอง

ชนิดพืช	รอบที่						mean	CV (%)	±SD
	1	3	5	7	9	11			
รูปถ่าย									
T(°C)	28.0	28.0	24.8	29.4	28.8	27.6	27.7	5.0	1.4
pH	7.4	7.1	7.4	7.3	7.6	7.5	7.4	1.7	0.1
Alkalinity (mg/l)	312.7	294.7	312.7	367.3	336.0	348.7	328.1	9.9	32.6
DO (mg/l)	2.9	1.9	0.5	1.6	1.7	1.9	1.7	39.3	0.6
EC (µS/cm)	604.0	424.0	457.0	585.0	416.0	422.0	516.2	22.6	116.8
TDS (mg/l)	315.0	315.0	234.0	366.0	240.0	200	272.8	18.4	50.2
BOD (mg/l)	52.7	65.3	18.0	16.0	33.0	26.0	28.6	57.2	16.3
COD (mg/l)	100.8	171.2	229.9	172.5	17.4	282.5	82.9	38.9	32.3
ไม่มีรูปถ่าย									
T(°C)	28.0	28.0	26.3	29.5	32.4	28.7	28.3	6.5	1.8
pH	7.5	8.0	8.8	8.6	8.7	8.5	8.4	5.7	0.5
Alkalinity (mg/l)	326.0	246.0	328.0	294.0	302.0	298.0	305.4	10.4	31.8
DO (mg/l)	3.0	1.8	0.7	1.2	2.0	1.8	1.6	40.1	0.6
EC (µS/cm)	606.0	485.0	356.0	620.0	384.0	363.0	481.7	25.3	121.8
TDS (mg/l)	347.0	347.0	178.0	378.0	251.0	178.0	266.4	30.4	80.9
BOD (mg/l)	52.0	60.0	51.0	6.0	15.0	9.0	31.0	62.2	19.2
COD (mg/l)	97.2	139.9	86.2	86.2	104.3	63.1	78.11	30.8	12.9

4. การวิเคราะห์ความแตกต่าง อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียและชนิดพืช ต่อการบำบัดบีโอดีและซีโอดี ในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีหลังบำบัดด้วยสภาพดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับรูปถ่าย

ในการทดลองนี้จะใช้ค่าบีโอดีและซีโอดีเป็นดัชนีวิเคราะห์หลักของระบบดินสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช โดยจะศึกษาบีโอดีและซีโอดีของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากระบบ น้ำหลังการบำบัดจะแบ่งเป็นน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองจากบ่อฝั่ง 1, 2, แปลงที่มีรูปถ่าย และแปลงที่ไม่มีรูปถ่าย นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้ง 12 รอบการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด จากนั้นมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ RCBD นำเสนอค่า F-test และผลการวิเคราะห์สถิติที่สำคัญ ตลอดจนอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำเสียและของการปลูกพืชต่อค่าเฉลี่ย และประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดี เพื่อนำไปเป็นข้อมูลและวิธีการในการประยุกต์ระบบบำบัดให้เหมาะสมต่อไป

4.1 บีโอดีและประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของน้ำเสียภายหลังการบำบัด

จากผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดี พบว่าสามารถลดค่าบีโอดีได้อย่างเห็นได้ชัดทั้ง 2 การทดลอง ค่าเฉลี่ยของบีโอดีก่อนบำบัดของบ่อฝั่งที่ 1 คือ 199.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงมาเหลือ 52.6-86.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยของบีโอดีก่อนบำบัดของบ่อฝั่งที่ 2 คือ 78.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงมาเหลือ 28.6-30.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของการทดลองที่ 1 ในแปลงรูปถ่ายมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 73.2 เปอร์เซ็นต์ 24.7 เปอร์เซ็นต์ และ 18.1 ตามลำดับ แปลงที่ไม่มีรูปถ่ายมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 71.7 เปอร์เซ็นต์ 25.2 เปอร์เซ็นต์ และ 18.1 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของการทดลองที่ 2 ในแปลงรูปถ่ายมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 61.6 เปอร์เซ็นต์ 37.8 เปอร์เซ็นต์ และ 23.3 ตามลำดับ แปลงที่ไม่มีรูปถ่ายมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 58.9 เปอร์เซ็นต์ 46.6 เปอร์เซ็นต์ และ 27.4 ตามลำดับ (ตารางที่ 9) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของอิทธิพลของการปลูกรูปถ่ายและไม่ปลูกรูปถ่าย และการเจริญเติบโตของพืชต่อประสิทธิภาพการบำบัดพบว่า

1) อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียที่ส่งผลต่อค่าบีโอดีก่อนบำบัดใน 12 รอบการทดลอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างบ่อฝั่งที่ 1 และ 2 เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ใน

น้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์จะถูกบำบัดก่อนในบ่อฝัองที่ 1 จากนั้นจะไหลล้นมาบ่อฝัองที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของบ่อฝัองที่ 1 และ 2 คือ 199.7 และ 78.3 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ค่าบีโอดีหลังการบำบัดด้วยระบบสภาพดินน้ำขังสลับแห้งในแปลงรูปฤาษีของการทดลองทดลองที่ 1 ทั้งหมด 12 รอบการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าบีโอดีหลังการบำบัดด้วยระบบสภาพดินน้ำขังสลับแห้งของการทดลองทั้งหมด 12 รอบการทดลองก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นกัน (ตารางที่ 8) เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทั้งแบบใช้ออกซิเจนร่วมกับแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในดินร่วมทั้งในน้ำเสียเองในการทดลองที่ 1 และ 2 มีจำนวนที่แตกต่างกัน เห็นได้จากค่าบีโอดีก่อนเข้าสู่การทดลอง อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของบีโอดีหลังการทดลองที่ 2 มีค่าน้อยกว่าการทดลองที่ 1 และใกล้เคียงกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงและนิคมอุตสาหกรรมที่กรมควบคุมมลพิษ (2551) กำหนดไว้ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของการทดลองที่ 1 ซึ่งมีค่าบีโอดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่การทดลองที่ 1 ไม่มีค่าบีโอดีที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางภาคผนวกที่ 11)

การที่ระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับรูปฤาษีสามารถบำบัดค่าบีโอดีให้ลดลงได้ เนื่องจากระบบขังน้ำและการระบายน้ำออกจะทำให้เกิดสภาวะไร้ออกซิเจนและออกซิเจนสลับกัน ช่วงเวลาที่มีน้ำท่วมขังซึ่งอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือสภาวะไร้ออกซิเจน จุลินทรีย์ดินพวก facultative anaerobes และ obligate anaerobes สามารถหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน โดยใช้สารประกอบอนินทรีย์ของ Mn (IV) และ Fe (III) ในดินเป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจนจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียซึ่งจะเป็นตัวให้อิเล็กตรอน จึงทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำลดลง อีกทั้งดินที่มีน้ำท่วมขังยังส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้นทำให้เกิดกิจกรรมการย่อยเพิ่มมากขึ้น (สิวาพร, 2551) ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชน่าจะนำไปใช้ได้กับชุมชนทุกแห่งที่มีค่าบีโอดีและซีโอดีเป็นมลสารหลัก แต่จะต้องทำให้ระบบมี clay ไม่น้อยกว่า 21 % (สุกัญญา, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่มีค่าบีโอดีและซีโอดีเป็นมลสารหลัก

2) อิทธิพลของการปลูกพืชที่มีผลต่อค่าบีโอดีใน 12 รอบการทดลองพบว่า ค่าบีโอดีในน้ำที่ผ่านการบำบัดจากแปลงรูปฤาษีและแปลงที่ไม่มีรูปฤาษี ของทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของแปลงรูปฤาษีและแปลงที่ไม่มีรูปฤาษี ไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 การทดลอง แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพของการบำบัดบีโอดีของบ่อฝัองที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 8) จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของการทดลองที่ 1 จะสูงกว่าการทดลองที่ 2 และแปลงที่มีรูปฤาษีมีประสิทธิภาพการ

บَابัคบีโอดีได้ดีกว่าแปลงที่ไม่มีรูปถ่ายทั้ง 2 การทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับผลการบَابัคบีโอดีที่กล่าวไว้ข้างต้น เนื่องจากต้นรูปถ่ายเป็นพืชที่ขึ้นในระบบที่ลุ่มชื้นและ สามารถนำเอาออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนของระบบรากซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน (Hammer และ Bastian, 1989) ทำให้เกิดการถ่ายเท แลกเปลี่ยนออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำเสียเป็นการสนับสนุนการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและที่ใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสีย แต่ในขณะเดียวกันแปลงที่ไม่มีรูปถ่ายมีการเจริญเติบโตของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชที่เหมาะสมเพราะแหล่งน้ำน้ำเสียที่นำมาทดลองมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสค่อนข้างสูง อีกทั้งได้รับแสงแดดเต็มที่เพราะไม่มีต้นรูปถ่ายบัง จึงทำให้เกิดการใช้และปลดปล่อยออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำทำให้ค่าบีโอดีไม่แตกต่างกัน สิทธิชัย (2538) พืชจะมีส่วนช่วยในการบำบัดสารอินทรีย์ร่วมกับดิน จากแบคทีเรียที่เกาะติดอยู่กับพื้นน้ำ โดยเฉพาะส่วนของรากพืช และที่แขวนลอยอยู่จะนำออกซิเจนไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ ออกซิเจนจากอากาศจะถูกพืชน้ำดูดซับและแพร่ออกในชั้นรากพืชที่แผ่ยึดลำต้นอยู่ในดิน จะเกิดสภาวะออกซิเดชันทำให้เพิ่มจำนวนและกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Stienberg และ Coonrod, 1994) สอดคล้องกับการทดลองของ ורתัย (2550) ที่ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ด้วยพุทธรักษาในระบบดินน้ำข้างสลับแห้งร่วมกับพืช ได้รายงานว่ ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีด้วยพุทธรักษาต้นสูงใบม่วงแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า คือ 96.2, 94.5, 95.7 และ 96.3 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าอิทธิพลอิสระของพืชไม่มีผลต่อการบำบัดบีโอดีแต่ก็ควรปลูกพืชในการบำบัดน้ำเสีย เพื่อเป็นตัวเคลื่อนมวลสารไปสะสมไว้ที่ส่วนต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นส่วนของลำต้น ใบ ดอก และราก จากการทดลองของ สุชาดาและคณะ (2545) พบว่ารูปถ่ายมีความสามารถดูดซับธาตุอาหารได้มากกว่า หญ้าแฝกอิน โดนีเซีย, หญ้าแฝกศรีลังกาและกกกลม อีกทั้งรูปถ่ายยังมีความสามารถดูดซับตะกั่วได้ดีอีกด้วย ธิดา (2545) ได้นำดอกรูปถ่ายมาทดลองดูดซับน้ำมันโดยนำดอกรูปถ่ายใส่ลงไปในน้ำเสีย ผลการทดลองพบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันถึงร้อยละ 86-64 นอกจากนี้ส่วนต่าง ๆ ของรูปถ่ายสามารถนำมาทำเครื่องจักรสาน และทำปุ๋ยหมักที่มีปริมาณธาตุอาหารสูงอีกด้วย (สุภากรและเมธี, 2537) เป็นการเพิ่มมูลค่าและประโยชน์ของการบำบัดน้ำเสียโดยระบบน้ำข้างสลับแห้งร่วมกับรูปถ่าย

4.2 ซีไอตีประสิทธิภาพการบำบัดซีไอตีของน้ำเสียภายหลังการบำบัด

จากผลการวิเคราะห์ค่าซีไอตีใน พบว่าสามารถลดค่าซีไอตีได้อย่างเห็นได้ชัดทั้ง 2 การทดลอง เนื่องจากในระบบดินน้ำข้างสลับแห้งมี facultative anaerobes เป็นผู้ทำหน้าที่เปลี่ยนสารอินทรีย์พวกคาร์โบไฮเดรตกลายเป็นพลังงานจลน์เพื่อใช้ในการหายใจจะใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้หายไปจากระบบ (ศิวาพร, 2551) สารอินทรีย์คาร์บอนและสารแขวนลอยอินทรีย์ ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ถูกบำบัดให้เหลือน้อยลง แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ยากโดยจุลินทรีย์ลดลงด้วยหรือไม่ (อาภรณ์, 2539) ซึ่งค่าซีไอตีหลังการบำบัดจะมากกว่าค่าซีไอตีก่อนและหลังการบำบัดทั้ง 12 รอบการทดลอง เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของอิทธิพลของการปลูกธูปฤาษีและไม่ปลูกธูปฤาษี พบว่า

1) อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียที่ส่งผลต่อค่าซีไอตีก่อนบำบัดด้วยแปลงธูปฤาษีและแปลงที่ไม่มีธูปฤาษี ในระยะเวลา 12 รอบการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเป็นน้ำเสียที่มาจากบ่อฝังของโรงฆ่าสัตว์คนละบ่อ จึงทำให้ค่าซีไอตีแตกต่างกัน เช่นเดียวกับค่าบีโอดีดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยที่ค่าเฉลี่ยของบ่อฝังที่ 1 คือ 335.4 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อไหลลงมาสู่บ่อฝังที่ 2 จะมีการบำบัดซีไอตีเหลือ 160.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียส่งผลต่อค่าซีไอตีหลังการบำบัดด้วยธูปฤาษีในระยะ 12 รอบการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดซีไอตีของการทดลองที่ 1 ในแปลงธูปฤาษีมีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 61.9 เปอร์เซ็นต์, 26.5 เปอร์เซ็นต์ และ 26.5 ลำดับ แปลงที่ไม่มีธูปฤาษีมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 54.5 เปอร์เซ็นต์, 43.3 เปอร์เซ็นต์ และ 23.6 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดซีไอตีของการทดลองที่ 2 ในแปลงธูปฤาษีมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 51.9 เปอร์เซ็นต์, 37.3 เปอร์เซ็นต์ และ 17.7 ลำดับ แปลงที่ไม่มีธูปฤาษีมีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 51.6 เปอร์เซ็นต์, 38.4 เปอร์เซ็นต์ และ 19.8 ลำดับ (ตารางที่ 9)

2) อิทธิพลของการปลูกพืชในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ใน 12 รอบการทดลอง พบว่าในการทดลองที่ 1 มีการบำบัดซีไอตีระหว่างแปลงธูปฤาษีกับแปลงที่ไม่มีธูปฤาษีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 สอดคล้องกับการทดลอง ศิวาพร (2551) ทำการทดลองนำโสนมาบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ทั้งหมด 11 รอบการทดลอง พบว่า อิทธิพลของพืชต่อค่าเฉลี่ยซีไอตีแตกต่างกันใน

รอบการทดลองที่ 7 เท่านั้น เนื่องจากการบำบัดสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายง่ายได้ดีทั้งแปลง
 ปลูกถั่วและแปลงที่ไม่มีปลูกถั่วไม่แตกต่างกัน มีเหตุผลจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินจะ
 ปลดปล่อย Fe^{2+} และ Mn^{2+} ออกมาและรูปธาตุดูดซับไว้ และเกิด anaerobic decomposition ในดินที่
 มีน้ำขัง โดย Fe (III), Mn (IV) และ SO_4^{2-} , Fe^{2+} , Mn^{2+} และ S^{2-} เป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 (Ponnampreuma, 1972)

ตารางที่ 8 อิทธิพลของแหล่งน้ำเสีย ชนิดพืช การบำบัดบีโอดีและซีโอดีทั้งหมด 12 รอบการทดลอง
 ของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง

แหล่งน้ำเสีย	ดัชนี			
	BOD (mg/l) ¹	COD (mg/l)	Aff.BOD (%)	Aff.COD (%)
บ่อฝังที่ 1				
ปลูกถั่ว	52.6 ² a	123.8b	73.2a	61.9a
ไม่มีปลูกถั่ว	55.2a	148.2a	71.7a	54.5b
บ่อฝังที่ 2				
ปลูกถั่ว	28.6b	83.0c	61.7b	47.4c
ไม่มีปลูกถั่ว	30.9b	78.1c	58.9b	51.6bc
CV (%)	6.4	5.2	5.4	4.1
LSD 95%	5.3	11.2	7.1	4.4
F-Test	*	*	*	*

หมายเหตุ ¹ หมายถึง ค่าเฉลี่ยจากจำนวนการทดลอง 3 ซ้ำ

² หมายถึง ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความ
 เชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

** หมายถึง มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

* หมายถึง มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดีจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยระบบดินน้ำข้างสลับ
แห่ง ตั้งแต่วันที่เดือนเมษายน 2550 ถึงเดือนกรกฎาคม 2550

ชนิดพืช	รอบที่						mean	CV (%)	±SD
	1	3	5	7	9	11			
บ่อฝังที่ 1									
รูปถ่าย									
BOD (%)	38.1	37.1	82.2	83.9	71.3	74.9	73.2	24.7	18.1
COD (%)	49.9	22.5	70.0	68.7	74.8	52.2	61.9	26.5	26.5
ไม่มีรูปถ่าย									
BOD (%)	33.3	56.1	54.3	80.4	97.8	76.0	71.7	25.2	18.1
COD (%)	47.4	42.0	28.9	50.0	95.8	8.1	54.5	43.3	23.6
บ่อฝังที่ 2									
รูปถ่าย									
BOD (%)	22.5	21.0	78.6	75.3	62.6	67.5	61.6	37.8	23.3
COD (%)	43.8	16.5	54.1	35.3	51.8	23.2	51.9	37.3	17.7
ไม่มีรูปถ่าย									
BOD (%)	22.6	26.8	37.8	90.0	82.1	89.5	58.9	46.6	27.4
COD (%)	45.8	16.1	48.3	22.1	42.5	57.3	51.6	38.4	19.8

กรมควบคุมมลพิษ (2551) ได้กำหนดค่ามาตรฐานซีโอดีของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมมีค่าไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร การบำบัดน้ำเสียในแปลงรูปถ่ายในการทดลองที่ 1 มีค่าซีโอดีที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือรอบการทดลองที่ 5, 7, และ 9 ขณะที่การทดลองที่ 2 มีค่าซีโอดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นรอบการทดลองที่ 3 ส่วนการบำบัดน้ำเสียในแปลงที่ไม่มีรูปถ่ายในการทดลองที่ 1 มีค่าซีโอดีที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือรอบการทดลองที่ 9 ขณะที่การทดลองที่ 2 มีค่าซีโอดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นรอบการทดลองที่ 3 เช่นเดียวกัน

6. การเจริญเติบโตของรูปถ่าย

การเจริญเติบโตของพืชเป็นการพัฒนาการเปลี่ยนแปลงของพืชที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีพและการแพร่ขยายพันธุ์ เช่น การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ซึ่งเกิดจากการแบ่งตัวและขยายตัวของเซลล์ ดัชนีที่สามารถบ่งบอกหรือวัดการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่น ผลผลิตในหน่วยน้ำหนัก ความสูง ความยาว กระบวนการพัฒนาดังกล่าวดังกล่าวขึ้นอยู่กับจำนวนหรือลักษณะของเนื้อเยื่อเจริญ ปริมาณสารอาหารที่มาเลี้ยงต้นพืช และสารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต รวมทั้งปัจจัยต่าง ๆ ทางสิ่งแวดล้อม สำหรับการทดลองนี้ทำการปลูกรูปถ่าย ในระบบดินสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช โดยน้ำจากโรงฆ่าสัตว์ที่ใช้ในการทดลองจะมีค่าบีโอดีและซีโอดีที่แตกต่างกัน รวมไปถึงธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

6.1 ความสูงของพืช

ความสูงของพืชเป็นดัชนีการเจริญเติบโตของพืชที่เด่นชัดชนิดหนึ่ง เพราะพืชที่ได้รับน้ำและธาตุอาหารหลักที่อยู่ในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ทั้งสารอินทรีย์ในโตรเจนและฟอสฟอรัส ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายเป็นอนุมูลอิสระแอมโมเนียมและส่งเสริมให้เกิดอนุมูลฟอสเฟตในเวลาต่อมา (วลัญช, 2551) ทำให้พืชเจริญเติบโตเป็นอย่างดี แต่ถ้ามีธาตุอาหารในปริมาณที่มากเกินไป ก็อาจทำให้พืชนั้นต้นเตี้ย ไม่สมบูรณ์ได้เช่นกัน

จากผลการทดลองพบว่า ความสูงของรูปถ่ายในการทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 232.9 เซนติเมตร 25.7 เปอร์เซ็นต์ และ 59.8 ตามลำดับ ความสูงของรูปถ่ายของการทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 230.2 เซนติเมตร 25.7 เปอร์เซ็นต์ และ 59.3 ตามลำดับ (ตารางที่ 10) เมื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ความแตกต่างพบว่า ความสูงของรูปถ่ายที่เจริญเติบโตในแหล่งน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ของการทดลองที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติในรอบการทดลอง (ตารางที่ 10) จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างของค่าบีโอดีและซีโอดีของแหล่งน้ำเสียมีผลต่อการเจริญเติบโตของรูปถ่ายไม่ชัดเจน

6.2 มวลชีวภาพของพืช

การศึกษามวลชีวภาพของรูปถาปีที่ใช้ในการทดลองนี้จะศึกษาความแตกต่างของมวลชีวภาพของรูปถาปีที่ได้รับแหล่งน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีและซีโอดีที่ต่างกันในแต่ละการทดลอง จากผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างของมวลชีวภาพทั้งเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า

อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีและซีโอดีที่ต่างกันในการทดลองที่ 1 และ 2 มีเฉลี่ยค่าของน้ำหนักสดคือ 6.9 และ 5.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีเฉลี่ยค่าของน้ำหนักแห้งคือ 0.4 และ 0.3 กิโลกรัมต่อตารางเมตรตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์น้ำในพืชคือ 1,458.9 และ 1,941.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์พบว่าอิทธิพลของแหล่งน้ำส่งผลให้น้ำหนักแห้งของรูปถาปีที่เมื่อสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ส่งผลให้น้ำหนักสดและเปอร์เซ็นต์น้ำในพืชแตกต่างกันแต่อย่างใด

ตารางที่ 10 อิทธิพลของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อความสูงของรูปถาปีที่

แหล่งน้ำ เสีย	ความสูงของรูปถาปีที่ (cm)						Mean	CV	±SD
	1 ¹	3	5	7	9	11	(cm)	(%)	
บ่อฝังที่ 1	111.8a ²	178.8a	221.9a	261.5a	282.9a	289.4a	232.9	25.7	59.8
บ่อฝังที่ 2	109.1a	176.1a	221.3a	254.9a	278.5a	286.7a	230.2	25.7	59.3
CV(%)	9.4	3.8	2.7	5.1	4.2	5.2			
LSD 95%	36.6	23.5	21.0	46.1	41.5	52.5			
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns			

หมายเหตุ ¹ หมายถึง ค่าเฉลี่ยจากจำนวนการทดลอง 3 ซ้ำ

² หมายถึง ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 11 อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียที่มีผลต่อมวลชีวภาพของรูปถ่ายีหลังการบำบัดน้ำเสียจากบ่อบำบัดที่ 1 และ 2 ของโรงฆ่าสัตว์ในสภาพดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับรูปถ่ายี

แหล่งน้ำเสีย	มวลชีวภาพ		
	น้ำหนัสด	น้ำแห้ง	เปอร์เซ็นต์น้ำใน
			พืช
	(กก./ม. ²) ¹	(กก./ม. ²)	(%)
บ่อบำบัดที่ 1	6.9a ²	0.4a	1,458.9a
บ่อบำบัดที่ 2	5.7a	0.3b	1,941.9a
CV(%)	3.2	2.9	40.0
LSD 95%	0.3	1.3	0.6
F-Test	ns	*	ns

หมายเหตุ ¹ หมายถึง ค่าเฉลี่ยจากจำนวนการทดลอง 3 ซ้ำ

² หมายถึง ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ร่วมกับรูปถ่ายด้วยระบบดินน้ำข้างสลบแห้ง โดยใช้ น้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ ทดลองร่วมกับรูปถ่ายและดินเปล่า ศึกษาที่ระดับความเข้มข้นของบีโอดีและซีโอดีที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบ RCBD มีแหล่งน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1, บ่อฝังที่ 2, แปลงที่มีรูปถ่าย และ แปลงที่ไม่มีรูปถ่าย เป็นบล็อก ทำการทดลองทั้งหมด 12 รอบการทดลอง เป็นระยะเวลา 83 วัน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. คุณสมบัติของน้ำเสียก่อนการบำบัดจากบ่อฝังที่ 1 มีค่าบีโอดีและซีโอดีสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมค่อนข้างมาก ส่วนบีโอดีและซีโอดีของบ่อฝังที่ 2 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์เช่นเดียวกัน บ่อฝังที่ 1 มีค่าบีโอดีและซีโอดีประมาณ 2 เท่าของบ่อฝังที่ 2

2. ผลการศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์หลังการบำบัดด้วยรูปถ่ายและดินเปล่า

2.1 แหล่งน้ำเสียมีอิทธิพลต่อการบำบัดบีโอดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระบบดินสภาพน้ำข้างสลบแห้งมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีจากบ่อฝังที่ 1 คือ 73.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าบ่อฝังที่ 2 คือ 61.6 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกันกับการบำบัดซีโอดีที่มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีจากบ่อฝังที่ 1 คือ 61.9 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่า บ่อฝังที่ 2 คือ 47.4 เปอร์เซ็นต์

2.2 การบำบัดบีโอดีด้วยระบบดินสภาพน้ำข้างสลบแห้งร่วมกับแปลงที่มีรูปถ่ายและแปลงที่ไม่มีรูปถ่าย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งการบำบัดน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 และบ่อฝังที่ 2 ทั้งค่าบีโอดีและประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี

2.3 การบำบัดซีโอดีด้วยระบบดินสภาพน้ำข้างสลบแห้งร่วมกับแปลงที่มีรูปถ่ายและแปลงที่ไม่มีรูปถ่ายโดยใช้ น้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี ในขณะที่การบำบัดซีโอดีและประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีโดยใช้ น้ำเสียจากบ่อฝังที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการศึกษาค่าความสูงและมวลชีวภาพของรูปถ่ายที่หลังบำบัดน้ำเสีย

3.1 อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียต่อความสูงของรูปถ่ายที่ใช้ในการทดลองจากบ่อฝังที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าความเข้มข้นของค่าบีโอดีและซีโอดีที่แตกต่างกันของทั้ง 2 การทดลองไม่มีผลต่อความสูงของรูปถ่าย

3.2 อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียน้ำหนักสดและเปอร์เซ็นต์น้ำในพืชที่ใช้บำบัดน้ำเสียจากบ่อฝังที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่น้ำหนักแห้งของรูปถ่าย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

4. ผลการทดลอง สรุปได้ว่า แหล่งน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของบีโอดีและซีโอดีที่แตกต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดี โดยที่ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดีจากบ่อฝังที่ 1 มีค่าสูงกว่าบ่อฝังที่ 2 แปลงที่รูปถ่ายมีค่าเฉลี่ยของการบำบัดบีโอดีและซีโอดีสูงกว่าแปลงที่ไม่มีรูปถ่าย

ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองครั้งนี้ทดลองในช่วงเดือนเมษายน-กรกฎาคม เป็นช่วงฤดูฝนค่าที่ได้ อาจจะแปรปรวนค่อนข้างมาก จึงควรมีการศึกษาต่อในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว เพื่อประสิทธิภาพของระบบดินน้ำจืดสลับแห้งในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่แม่นยำและชัดเจน นำไปสู่การจัดการน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์แห่งอื่นต่อไปอย่างยั่งยืน

2. ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพของการบำบัดค่าบีโอดีและซีโอดีจากบ่อฝังที่ 1 สูงกว่าบ่อฝังที่ 2 แต่ค่าบีโอดีและซีโอดีหลังการบำบัดด้วยบ่อฝังที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม จึงควรมีการประยุกต์ระบบให้มีความเหมาะสม ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เพื่อให้ได้ค่าไม่เกินมาตรฐานดังกล่าว

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2550. **น้ำเสียชุมชน**. แหล่งที่มา:

<http://cc.msnsnscache.com/cache.aspx?q=8310739015394&lang=en-US&mkt=en-US&FORM=CVRE>, 23 กันยายน 2550.

_____. 2551. **มาตรฐานน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม**. แหล่งที่มา:

http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html#s1, 22 มีนาคม 2551.

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2522. **เคมีน้ำโสโครกและการวิเคราะห์**. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

_____. 2544. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทรแก่. 2541. **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**. โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2535. **ปฐพีเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จักรพงษ์ เจริญศิริ. 2536. **การวิเคราะห์คุณสมบัติบางอย่างของน้ำ**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2543. **ดินที่ใช้ปลูกข้าว**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธิดา วิเชียรเพชร. 2545. **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันในน้ำเสียชุมชนโดยใช้ดอกกุหลาบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นภาพรรณ นพรัตนกรณ. 2535. จุลชีววิทยาของภาวะมลพิษ. ภาควิชาจุลชีววิทยา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และคณิตา ตั้งคณานุรักษ์. 2550. หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี.
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บรรจง วรรณพงษ์ และอเนก ก้านสังวร. 2537. ระบบบำบัดน้ำเสีย เอกสารประกอบการ
บรรยายใน การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการศึกษาและพัฒนาสิ่งแวดล้อมภาคชัย
อันเนื่องมาจากโครงการพระราชดำริ. โรงแรมชะอำ จังหวัดเพชรบุรี วันที่ 3-4 เมษายน
2537. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พัฒนา มุลพฤกษ์. 2539. อนามัยสิ่งแวดล้อม. หจก.เอ็นเอสแอล พรินติ้ง, กรุงเทพฯ.

ไพบุลย์ ประพุดิธรรม. 2528. เคมีของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มันสิน ดันกุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. 2544. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียใน
บ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วลัยนุช พรรณสังข์. 2551. ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์
เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับรูปถ่าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ตั้งวานิชกพงษ์. 2551. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัด
เพชรบุรี ด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับโสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมใจ สิมฉายา. 2546. การศึกษาสภาวะและการจัดการมลพิษจากโรงฆ่าสัตว์: กรณีศึกษาโรงฆ่า
สัตว์เทศบาลเมืองลำพูนและเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- สิทธิชัย ตันธนะสุภะดี. 2538. การใช้ดินตะกอนภาคพื้นสมุทรในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชเป็นแบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุกัญญา สารณาคมนกุล. 2548. การศึกษาคุณสมบัติบางประการของน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งชุมชนของพุทธรักษา ธรรมรักษา และชิงแดงในสภาพน้ำขังสลับแห้งของดินร่วมกับพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุชาดา ศรีเพ็ญ, สายัณห์ ทัดศรี, จันทนา สุปรีดี, สุวพงษ์ สวัสดิ์พานิช, สุนัน พาสุน และสมบัติ ชินะวงศ์. 2537. การคัดเลือกพันธุ์พืชที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยวิธี **Glass Filtration** เอกสารบรรยายหมายเลข 7, น. 1-7 ใน การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการศึกษาและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากโครงการพระราชดำริ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุภาพร จันรุ่งเรืองและเมธี มณีวรรณ. 2537. การใช้ประโยชน์จากรูปถ่าย. วารสารพัฒนาที่ดิน 31(351-352): 58-59.
- สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. 2539. การบำบัดน้ำเสียชุมชนและอุตสาหกรรม โดยใช้ต้นอ้อหรือต้นกก (Reed-Bed) ในกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน. เดอะกรีนเพื่อสิ่งแวดล้อม 3(26) : 76-84.
- อรทัย เชื้อวงศ์. 2550. การศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรีด้วยพุทธรักษา 3 พันธุ์ในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- อุดมศักดิ์ แก้วชนะสิน. 2540. การเก็บรักษารูปถ่ายเพื่อทำดอกไม้แห้ง. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- APHA, AWWA and WPCE. 1995. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19th (ed.). American Public Health Association, Washington, DC.

Boyd, C.E. 1970. **Vascular Aquatic Plants for Mineral Nutrient Removal from Polluted Waters.** Econ. Bot. 2444: 94-103.

Buddhawong, S. 1996. **Efficiency of *Cyperus corymbosus* and *Eleocharis dulcis* in Constructed Wetlands for Municiple Wastewater Treatment.** M.S. thesis, Chulalongkorn Univ., Bangkok.

Hammer, J.M. 1986. **Water and WasteWater Technology.** Regents/Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 549 p.

Ockerman, H.W. and C.L. Hansen. 2000. **Animal By-Product.** Processing and Utilization Technomic Publishing Company, Inc., Phensylvania USA.

Ponnampreuma, F.N. 1972. **The chemistry of submerged soils.** Adv. In Agron. 24:29-96
_____. 1976. **Physicochemical properties of submerged soils in relation to fertility.** P. 1-27 In The Fertility of Paddy Soils in Fertilizer Application for Rice. Food and Fertilizer Tecnology Center. Taiwan. Cited in Patrick. W.H.Jr. and C.N.Reddy, 1978.

Seatz, L.F. and H.B. Peterson. 1964. **Acid, alkaline, saline and sodic soil pp.** 292-319. In Chemisty of the Soil. F.I. Bear ed., Rein-hold Publ.Co.New York.

Steinberg S.L. and Coonrod H.S. 1994. **Oxidation of the Root Zone by Aquatic Plant Growing in Gravel-Nutrient Solution Cuture.** J. Environ. Qual. 23: 907-913.

Steenis. 1948. **Selected Weeds of the United States.** Agricultural Handbook no.320 102 p.

Urbance-Bercic, O. and Bulc, T. 1995. **Integrated constructed wetland for small community.** Wat.Sci.Tech. 32 : 41-48.

William, M. and W.M. Patrick. Jr. 1994. **Form waste land to wetland.** J. Environment. Qual. 23 : 292-296.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	5.5-9.0
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 3,000
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 50
4. อุณหภูมิ (Temperature)	องศาเซลเซียส	ไม่เกิน 40
5. สีหรือกลิ่น	-	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H ₂ S)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.2
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 5.0
9. ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	-	ต้องไม่พบเลย
13. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 20
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 100
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 120
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
1. สังกะสี (Zn)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 5.0
2. โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.25
3. โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์ (Trivalent Chromium)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.75
4. ทองแดง (Cu)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 2.0
5. แคดเมียม (Cd)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.03
6. แบเรียม (Ba)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
7. ตะกั่ว (Pb)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.2

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
8. นิกเกิล (Ni)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
9. แมงกานีส (Mn)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 5.0
10. อาร์เซนิก (As)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.25
11. เซเลเนียม (Se)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.02
12. ปรอท (Hg)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.005

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2551)

ตารางผนวกที่ 2 อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่ออุณหภูมิก่อนและหลังการบำบัด
ด้วยระบบดินน้ำข้างสลับแห้ง

(หน่วย : องศาเซลเซียส)

แหล่งน้ำเสีย	ซ้ำ	รอบที่					
		1	3	5	7	9	11
บ่อฝังที่ 1							
ก่อนบำบัด		34.4	31.5	30.4	34.4	31.8	28.9
รูปถ่าย	1	27.7	27.7	24.2	29.7	28.9	25.8
	2	28.0	28.0	29.1	29.4	29.0	26.3
	3	27.7	27.7	28.8	29.4	28.7	26.1
ดินเปล่า	1	27.7	28.0	30.4	29.4	31.6	27.4
	2	27.7	27.7	30.4	29.4	31.6	27.4
	3	27.7	27.4	30.4	29.7	31.6	27.4
บ่อฝังที่ 2							
ก่อนบำบัด		27.7	27.4	30.4	29.7	31.6	27.4
รูปถ่าย	1	28.0	28.0	26.8	29.5	29.0	27.4
	2	28.1	28.1	24.6	29.3	29.1	27.8
	3	27.9	27.9	23.1	29.4	28.3	27.8
ดินเปล่า	1	28.8	28.0	26.3	29.5	32.4	28.7
	2	28.1	28.0	26.3	29.5	32.4	28.7
	3	27.1	28.0	26.3	29.5	32.4	28.7

ตารางผนวกที่ 3 อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อกรด-ด่างก่อนและหลังการ
บำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง

แหล่งน้ำเสีย	ซ้ำ	รอบที่					
		1	3	5	7	9	11
บ่อฝังที่ 1 ก่อนบำบัด		7.2	6.9	6.0	7.0	7.3	7.2
รูปถ่าย	1	7.5	7.1	7.3	7.5	7.9	7.6
	2	7.4	7.2	7.4	7.6	7.9	7.7
	3	7.5	7.3	7.6	7.5	7.7	7.7
ดินเปล่า	1	7.6	7.1	7.7	7.9	8.1	7.9
	2	7.6	7.2	7.7	7.6	8.1	7.9
	3	7.6	7.2	7.7	7.8	8.1	7.9
บ่อฝังที่ 2 ก่อนบำบัด		7.7	8.2	6.9	7.3	7.5	7.6
รูปถ่าย	1	7.4	7.1	7.4	7.3	7.6	7.5
	2	7.4	7.1	7.4	7.3	7.6	7.4
	3	7.4	7.1	7.5	7.3	7.6	7.4
ดินเปล่า	1	7.4	8.0	8.8	8.6	8.7	8.6
	2	7.5	8.1	8.8	8.6	8.7	8.4
	3	7.4	8.0	8.7	8.6	8.7	8.5

ตารางผนวกที่ 4 อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อค่าความเป็นด่างก่อนและหลัง
การบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

แหล่งน้ำเสีย	ซ้ำ	รอบที่					
		1	3	5	7	9	11
บ่อฝังที่ 1 ก่อนบำบัด		488.3	400.0	453.3	473.7	462.0	384.0
รูปถ่าย	1	390.0	330.0	390.0	410.0	400.0	432.0
	2	394.0	324.0	394.0	430.0	422.0	438.0
	3	380.0	340.0	380.0	416.0	424.0	420.0
ดินเปล่า	1	366.0	296.0	366.0	416.0	396.0	420.0
	2	364.0	296.0	366.0	416.0	396.0	420.0
	3	368.0	302.0	366.0	416.0	396.0	420.0
บ่อฝังที่ 2 ก่อนบำบัด		299.7	384.3	360.3	384.3	364.0	352.7
รูปถ่าย	1	320.0	286.0	320.0	366.0	340.0	366.0
	2	298.0	310.0	298.0	372.0	334.0	342.0
	3	320.0	288.0	320.0	364.0	334.0	338.0
ดินเปล่า	1	324.0	246.0	328.0	294.0	302.0	298.0
	2	328.0	244.0	328.0	294.0	302.0	298.0
	3	326.0	248.0	328.0	294.0	302.0	298.0

ตารางผนวกที่ 5 อิทธิพลของแหล่งน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำก่อน
และหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำข้างสลับแห้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

แหล่งน้ำเสีย	ซ้ำ	รอบที่					
		1	3	5	7	9	11
บ่อฝังที่ 1							
ก่อนบำบัด		1.1	1.0	0.5	0.5	0.2	0.3
รูปถ่าย	1	2.0	1.8	0.8	1.6	1.6	1.8
	2	2.1	1.8	0.8	1.6	1.6	1.8
	3	2.1	1.8	0.8	1.6	1.6	1.8
ดินเปล่า	1	2.0	1.1	0.4	1.2	1.9	1.1
	2	2.0	1.2	0.5	1.0	1.7	1.2
	3	2.1	1.3	0.5	1.1	1.5	1.3
บ่อฝังที่ 2							
ก่อนบำบัด		2.2	2.5	1.2	0.8	3.3	0.8
รูปถ่าย	1	2.9	2.4	0.7	1.5	1.5	2.4
	2	2.9	1.9	0.5	1.8	1.9	1.9
	3	3.0	1.6	0.4	1.6	1.9	1.6
ดินเปล่า	1	3.0	1.8	0.7	1.2	2.0	1.8
	2	3.0	1.8	0.7	1.4	2.0	1.8
	3	3.0	1.8	0.7	1.0	2.0	1.8

ตารางผนวกที่ 6 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงงานสัตว์ที่มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง
(หน่วย : ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)

แหล่งน้ำเสีย	ซ้ำ	รอบที่					
		1	3	5	7	9	11
บ่อฝังที่ 1							
ก่อนบำบัด		1055.0	1098.3	747.2	747.2	582.3	1055.0
รูปถาญี	1	722.0	413.0	570.0	764.0	563.0	433.0
	2	725.0	618.0	569.0	778.0	508.0	388.0
	3	765.0	421.0	542.0	724.0	526.0	504.0
ดินเปล่า	1	799.0	269.0	541.0	689.0	534.0	435.0
	2	799.0	270.0	539.0	687.0	533.0	437.0
	3	799.0	271.0	540.0	688.0	532.0	436.0
บ่อฝังที่ 2							
ก่อนบำบัด		767.0	769.0	511.0	511.0	526.0	767.0
รูปถาญี	1	604.0	375.0	332.0	573.0	454.0	402.0
	2	612.0	498.0	509.0	591.0	468.0	513.0
	3	597.0	399.0	531.0	592.0	327.0	351.0
ดินเปล่า	1	606.0	485.0	356.0	618.0	384.0	361.0
	2	604.0	483.0	356.0	620.0	384.0	363.0
	3	608.0	487.0	356.0	622.0	384.0	365.0

ตารางผนวกที่ 7 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อของแข็ง
ละลายน้ำทั้งหมดก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำข้างสลับแห้ง
(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

แหล่งน้ำเสีย	ซ้ำ	รอบที่					
		1	3	5	7	9	11
บ่อฝังที่ 1							
ก่อนบำบัด		575.8	589.2	375.5	375.5	293.7	575.8
รูปถ่าย	1	392.0	392.0	282.0	349.0	320.0	213.0
	2	403.0	403.0	286.0	408.0	256.0	206.0
	3	388.0	388.0	270.0	363.0	265.0	251.0
ดินเปล่า	1	416.0	415.0	266.0	430.0	265.0	212.0
	2	415.0	417.0	265.0	429.0	266.0	212.0
	3	415.0	413.0	266.0	430.0	266.0	213.0
บ่อฝังที่ 2							
ก่อนบำบัด		288.5	286.0	259.5	259.5	265.8	288.5
รูปถ่าย	1	315.0	315.0	181.0	368.0	227.0	217.0
	2	321.0	321.0	255.0	372.0	225.0	207.0
	3	308.0	308.0	266.0	359.0	269.0	176.0
ดินเปล่า	1	347.0	347.0	178.0	379.0	251.0	178.0
	2	348.0	348.0	179.0	379.0	253.0	178.0
	3	347.0	347.0	178.0	375.0	250.0	178.0

ตารางผนวกที่ 8 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อบีโอดี
ก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำจืดกลับแห้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

แหล่งน้ำเสีย	ซ้ำ	รอบที่					
		1	3	5	7	9	11
บ่อฝังที่ 1							
ก่อนบำบัด		210.0	233.1	216.3	162.0	141.3	157.2
รูปถ่าย	1	120.0	140.0	30.0	36.0	36.0	42.0
	2	150.0	150.0	24.0	21.0	33.0	51.0
	3	120.0	140.0	60.0	21.0	54.0	27.0
ดินเปล่า	1	130.0	88.0	96.0	35.0	3.0	38.0
	2	140.0	92.0	94.0	36.0	3.0	36.0
	3	150.0	90.0	98.0	28.0	3.0	34.0
บ่อฝังที่ 2							
ก่อนบำบัด		68.5	82.3	83.0	62.0	85.7	82.7
รูปถ่าย	1	52.0	70.0	36.0	9.0	39.0	48.0
	2	52.0	66.0	9.0	15.0	39.0	9.0
	3	54.0	60.0	9.0	24.0	21.0	21.0
ดินเปล่า	1	54.0	60.0	53.0	6.0	15.0	9.0
	2	52.0	62.0	53.0	6.0	15.0	9.0
	3	50.0	58.0	47.0	6.0	15.0	9.0

ตารางผนวกที่ 9 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อซีโอดี
ก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำจืดกลับแห้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

แหล่งน้ำเสีย	ซ้ำ	รอบที่					
		1	3	5	7	9	11
บ่อฝังที่ 1							
ก่อนบำบัด		340.1	280.4	338.9	321.0	402.2	301.5
รูปถ่าย	1	181.6	205.4	114.9	57.5	67.0	151.6
	2	181.6	205.4	86.2	143.7	91.9	145.3
	3	142.7	205.4	117.9	86.2	141.5	117.9
ดินเปล่า	1	181.6	173.2	231.9	172.5	17.4	282.5
	2	181.6	169.2	227.8	172.5	17.4	282.5
	3	181.6	171.2	229.9	172.5	17.4	282.5
บ่อฝังที่ 2							
ก่อนบำบัด		179.2	166.8	166.8	107.3	169.3	149.4
รูปถ่าย	1	103.8	137.0	86.2	59.4	17.4	117.9
	2	103.8	141.0	57.5	57.5	141.5	117.9
	3	94.8	140.0	86.2	86.2	67.1	63.1
ดินเปล่า	1	97.2	141.3	86.2	86.2	104.3	63.1
	2	97.2	140.0	86.2	86.2	104.3	63.1
	3	97.2	138.6	86.2	86.2	104.3	63.1

ตารางผนวกที่ 10 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงงานสัตว์ที่มีผลต่อ
ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง
(หน่วย : เปอร์เซ็นต์)

แหล่งน้ำเสีย	ซ้ำ	รอบที่					
		1	3	5	7	9	11
บ่อฝังที่ 1							
รูปถ่าย	1	42.9	33.3	85.7	77.8	75.7	75.0
	2	28.6	35.9	89.3	86.5	75.7	66.9
	3	42.9	42.0	71.4	87.5	62.5	82.7
ดินเปล่า	1	38.1	57.1	54.3	79.2	97.8	74.7
	2	33.3	55.2	55.2	78.6	97.8	76.0
	3	28.6	56.1	53.3	83.3	97.8	77.3
บ่อฝังที่ 2							
รูปถ่าย	1	24.6	16.7	57.1	85.0	56.7	40.0
	2	24.6	19.5	89.3	77.3	56.7	88.2
	3	18.2	26.8	89.3	63.6	74.4	74.4
ดินเปล่า	1	21.7	26.8	35.4	90.0	82.1	89.5
	2	24.6	24.4	35.4	90.0	82.1	89.5
	3	27.5	29.3	42.7	90.0	82.1	89.5

ตารางผนวกที่ 11 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงงานสัตว์ที่มีผลต่อ
ประสิทธิภาพการบำบัดชีโอดีหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง
(หน่วย : เปอร์เซ็นต์)

แหล่งน้ำเสีย	ซ้ำ	รอบที่					
		1	3	5	7	9	11
บ่อฝังที่ 1							
รูปถายี่	1	47.4	18.1	67.6	75.0	82.5	38.9
	2	47.4	21.6	75.7	58.3	74.1	54.5
	3	54.9	27.7	66.7	72.7	67.9	63.1
ดินเปล่า	1	47.4	41.3	28.3	50.0	95.8	8.1
	2	47.4	42.7	29.5	50.0	95.8	8.1
	3	47.4	42.0	28.9	50.0	95.8	8.1
บ่อฝังที่ 2							
รูปถายี่	1	42.1	17.9	48.3	40.9	88.6	23.7
	2	42.1	15.5	65.6	42.8	7.3	23.7
	3	47.1	16.1	48.3	22.1	59.7	56.2
ดินเปล่า	1	45.8	15.3	48.3	22.1	42.5	57.3
	2	45.8	16.1	48.3	22.1	42.5	57.3
	3	45.8	16.9	48.3	22.1	42.5	57.3

ตารางภาคผนวกที่ 12 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อ
ความสูงของรูปถ่ายหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำข้างสลับแห้ง

(หน่วย : เซนติเมตร)

แหล่งน้ำเสีย	ซ้ำ	รอบที่					
		1	3	5	7	9	11
บ่อฝังที่ 1							
	1	103.6	171.0	211.4	250.8	283.1	291.6
	2	116.4	182.2	223.3	266.8	279.3	281.4
	3	115.4	183.3	231.1	267.1	286.6	295.3
บ่อฝังที่ 2							
	1	95.4	168.5	219.6	262.6	289.8	303.5
	2	102.7	169.9	221.8	260.5	282.9	288.3
	3	129.4	190.1	222.5	241.8	262.9	268.4

ตารางภาคผนวกที่ 13 อิทธิพลความเข้มข้นของค่าความสกปรกจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีผลต่อ
มวลชีวภาพของรูปถ่ายีหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำข้างสลับแห้ง

แหล่งน้ำเสีย	มวลของรูปถ่ายี		
	น้ำหนักสด	น้ำแห้ง	เปอร์เซ็นต์น้ำในพีช
	(กก./ม. ²)	(กก./ม. ²)	(%)
บ่อฝังที่ 1			
1	6.9	0.5	1435.6
2	6.9	0.4	1502.3
3	6.9	0.4	1456.8
บ่อฝังที่ 2			
1	5.8	0.3	1617.7
2	5.8	0.2	2316.7
3	5.4	0.3	1885.2

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวปวีณา สังข์ศรีอินทร์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	22 มกราคม 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (พืชสวน) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง